

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
CENTRO DE ESTUDO DO MAR

GIULIA GABRIELLE VERNON MAIDEL

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE BARCAÇAS JUMBO NO  
TRAMO NORTE DA HIDROVIA DO RIO PARAGUAI – PASSO CORIXÃO

PONTAL DO PARANÁ  
2019

GIULIA GABRIELLE VERNON MAIDEL

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE BARCAÇAS JUMBO NO  
TRAMO NORTE DA HIDROVIA DO RIO PARAGUAI – PASSO CORIXÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal  
do Paraná como requisito a obtenção do grau de  
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Pacheco Tomas

PONTAL DO PARANÁ

2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE:  
UFPR / SiBi - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar  
Liliam Maria Orquiza – CRB-9/712

M217a Maidel, Giulia Gabrielle Verson  
Análise da viabilidade da implementação de barcaças Jumbo no Tramo Norte da hidrovia do Rio Paraguai-Passo Corixão. / Giulia Gabrielle Verson Maidel. – Pontal do Paraná, 2019.  
54 f.: il., 29 cm.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Pacheco Tomas.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro de Estudos do Mar, Setor Reitoria, Universidade Federal do Paraná.

1. Barcaças Jumbo. 2. Rio Paraguai. 3. Canal de navegação. 4. Dragagem. I. Título. II. Tomas, Gustavo Pacheco. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD 629.045

## TERMO DE APROVAÇÃO

Giulia Gabrielle Verson Maidel

### **“ANÁLISE DA VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE BARCAÇAS JUMBO NO TRAMO NORTE DA HIDROVIA DO RIO PARAGUAI - PASSO CORIXÃO”**

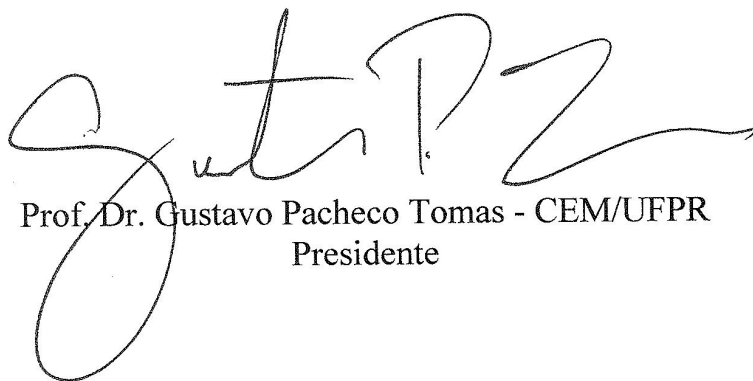
Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Paraná, pela  
Comissão formada pelos membros:



Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes - CEM/UFPR



Prof. Dr. Alexandre Samuel Ramalho ITTI-UFPR



Prof. Dr. Gustavo Pacheco Tomas - CEM/UFPR  
Presidente

Pontal do Paraná, 06 de Dezembro de 2019.



Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial na minha vida, aos meus pais e amigos que sempre me incentivaram.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar força e disposição para concluir esse trabalho.

Aos meus pais, Hilton e Rosemary por me ensinarem a caminhar e assim seguir meus próprios passos.

Ao Professor Gustavo Pacheco Tomas pelo apoio e incentivo para desenvolver esse trabalho.

Ao Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura junto com o Engenheiro Alexandre Samuel Ramalho pela contribuição nos levantamentos dos dados.

E por fim, à todos os professores e colegas que contribuíram para a realização deste estudo.

“É impossível entrar no mesmo rio duas vezes. As águas já são outras e nós já não somos os mesmos.” (Heráclito)

## RESUMO

O Brasil possui uma grande extensão de rios navegáveis e que devem ser integrados a atual expansão do comércio portuário. O governo brasileiro tem investido em análises, como o Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) da hidrovia do Rio Paraguai, que indicam um aumento da viabilidade no caso de ampliação do porte do comboio de navegação. Este estudo contempla a análise de viabilidade da implantação de barcas do tipo jumbo, com dimensões superiores as atuais utilizadas na hidrovia. Para exemplificar esta adequação foi realizado um novo dimensionamento do canal de navegação para o Passo Corixão, local de passagem crítica do tramo norte na hidrovia do rio Paraguai. O dimensionamento utilizou a metodologia da PIANC (2014), resultando em um acréscimo de 33% de largura do canal atual de 45m. O calado considerado foi o mesmo atualmente utilizado na hidrovia, com 1,8m de profundidade. Após calcular o volume de dragagem e fazer uma análise comparativa com os dados obtidos pelo EVTEA, nota-se um acréscimo de 23,21% do volume a ser dragado. Ao avaliar as alterações necessárias em conjunto com os custos de transporte, conclui-se que o aumento do volume transportado proporcionado barcas do tipo jumbo, aumentam a viabilidade da via, pagando os custos de dragagem em número pequenos de viagens no ano.

Palavra-chave: Barcas Jumbo, Rio Paraguai, Canal de navegação, Dragagem.

## **ABSTRACT**

Brazil has a large expansion of navigable rivers that must be integrated with the current expansion of port trade. The Brazilian government has invested in analyzes, such as the Technical, Economic and Environmental Feasibility Study (EVTEA) of the Paraguay River Waterway, which examined an increase in viability in the event of increased shipping. This study contemplates a feasibility analysis of the implementation of jumbo barges with dimensions larger than the current ones used in the waterway. To illustrate this adequacy, a new navigation design channel was performed for Passo Corixão, a critical crossing point in the northern section of the Paraguay River waterway. The scaling used by the PIANC (2014) methodology designed in an increase of 33% of the current channel width of 45m. The caliber considered to be the same currently used in the waterway, with 1,8m depth. After calculating the dredging volume and making a comparative analysis with the data obtained by EVTEA, note if an increase of 23.21% of the volume will be dragged. By advising the requested changes, together with transportation costs, the increase in transported volume is concluded, the jumbo barges increase the viability of the road by paying the drag costs on the small number of trips in the year

Keyword: Jumbo Barges. Paraguay River. Navigation Channel. Dredging.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - COMBOIO TIPO MISSISSIPI .....	17
FIGURA 2 – NÚMERO DE BARCAÇAS NO RIO MISSISSIPI EM 3 PONTOS DIFERENTES.....	18
FIGURA 3 – EVOLUÇÃO DE EMBARCAÇÕES DE CONTAINERS NOS ÚLTIMOS 40 ANOS .....	19
FIGURA 4 –BARCAÇAS UTILIZADAS NA HPP ATUALMENTE .....	20
FIGURA 5 - COMBOIO TIPO (2X3) DO TRAMO NORTE .....	21
FIGURA 6 - COMBOIO TIPO (4X4) DO TRAMO SUL .....	22
FIGURA 7 – CANAL EM PLANTA.....	25
FIGURA 8 – ANÁLISE DE VIA DE NAVEGAÇÃO DE MÃO SIMPLES.....	27
FIGURA 9 – ANÁLISE DE VIA DE NAVEGAÇÃO DE MÃO DUPLA .....	27
FIGURA 10 – OBRA DE DRAGAGEM.....	28
FIGURA 11 – SESSÕES PARALELAS.....	29
FIGURA 12 – PESO ATRIBUÍDO A CADA VÉRTICE.....	29
FIGURA 13 – MÉTODO DA SUPERFÍCIE.....	30
FIGURA 14 – ESCAVADEIRA FRONTAL (DIPPER DREDGES) .....	31
FIGURA 15 – DRAGA DE SUCÇÃO (CUTTER SUCTION DREDGER) .....	32
FIGURA 16 – LOCALIZAÇÃO DO PASSO DO CORIXÃO .....	34
FIGURA 17 – CURVAS DO PASSO CORIXÃO .....	37
FIGURA 18– BATIMETRIA DO CANAL DE NAVEGAÇÃO .....	40
FIGURA 19 – DRAGA IHC BEAVER 45 .....	41
FIGURA 20 – FRETE DE SOJA PARA UMA DISTÂNCIA DE 680Km.....	42

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – EMBARCAÇÕES REGISTRADAS QUE CIRCULAM NA HPP.....	20
QUADRO 2 – DECLIVIDADE DE TALUDES .....	25
QUADRO 3 – TIPOS DE NAVIOS .....	36
QUADRO 4 – RAIO DE CURVATURA DAS CURVAS DO PASSO CORIXÃO .....	36
QUADRO 5 – LARGURA DO CANAL .....	38
QUADRO 6 – ESPECIFICAÇÕES DA DRAGA HIDRÁULICA .....	41
QUADRO 7 – CUSTO DO FRETE DE SOJA EM R\$/T .....	42
QUADRO 8 – VOLUME DE DRAGAGEM PARA O PASSO CORIXÃO .....	43
QUADRO 9 – ACRÉSCIMO NO VOLUME DE DRAGAGEM.....	43
QUADRO 10 – PASSO DO TRAMO NORTE COM NOVOS VOLUMES DE DRAGAGEM .....	44
QUADRO 11 – CUSTO TOTAL DA DRAGAGEM.....	44
QUADRO 12 – TABELA DE COMPARAÇÃO .....	45

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>AHIPAR</b>	-	ADMINISTRAÇÃO DA HIDROVIA DO PARAGUAI
<b>ANTAQ</b>	-	AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS
<b>ANDB</b>	-	ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOM BOSCO
<b>CNT</b>	-	CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE
<b>EVTEA</b>	-	ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL
<b>ITTI</b>	-	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TRANSPORTES E INFRAESTRUTURA
<b>PNLI</b>	-	PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA INTEGRADA
<b>UFPR</b>	-	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVO .....	15
1.1.1	Objetivo Geral .....	15
1.1.2	Objetivos Específicos .....	16
1.2	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1	EVOLUÇÃO DAS EMBARCAÇÕES FLUVIAIS .....	16
2.2	ANÁLISE DO EVTEA.....	20
2.3	DIMENSIONAMENTO DE CANAIS .....	23
2.3.1	Alinhamento .....	23
2.3.2	Largura .....	25
2.4	DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE DRAGAGEM.....	27
2.4.1	Método das Seções Transversais .....	28
2.4.2	Método das Alturas Ponderadas .....	29
2.4.3	Método de Superfícies.....	30
2.5	TIPOS DE DRAGA .....	30
2.5.1	Dragas Mecânicas.....	31
2.5.2	Dragas Hidráulicas .....	31
2.5.3	Parâmetros para escolha da draga .....	32
3	DESCRIPTIVO DA ÁREA DE ESTUDO .....	33
3.1	PASSO DO CORIXÃO.....	33
4	MATERIAIS E MÉTODOS .....	35
4.1	DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE NAVEGAÇÃO .....	35
4.1.1	Alinhamento .....	35
4.1.2	Largura do Canal.....	38
4.2	CÁLCULO DO VOLUME .....	40
4.3	DRAGAS.....	40
4.4	ANÁLISE DE CUSTO DE TRANSPORTE HIDROVIÁRIO .....	42
5	RESULTADOS.....	43
6	CONCLUSÃO .....	45
	ANEXO I - TRANSPORTE FLUVIAL BRASILEIRO .....	50
	ANEXO II – TABELAS DE DIMENSIONAMENTO DE CANAL .....	52

ANEXO III – PLANTAS EM FOLHA A3 DO PASSO CORIXÃO.....	54
---	----

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte hidroviário apresenta como característica o deslocamento de grandes volumes de carga, um custo de transporte inferior aos demais modais, um baixo índice de acidentes e de emissão de poluentes, além de um menor custo de implantação da infraestrutura viária e manutenção (MINISTERIO DA INFRAESTRUTURA, 2017).

O Brasil possui uma das maiores redes fluviais do mundo, composto por aproximadamente 27 mil km de rios navegáveis. Apesar do alto potencial fluvial, o país apresenta uma baixa exploração do modal aquaviário. De acordo com o anuário estatístico da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2019a), das 160 instalações portuárias registradas, podendo ser classificadas entre públicas e privadas, cerca de 60 portos apresentam participação no transporte de interiores. Com o volume de carga de transporte crescente, é notável o grande potencial do transporte aquaviário no país, que entre suas principais hidrovias, cita-se a Hidrovia Tietê-Paraná, a Hidrovia do Solimões-Amazonas, a Hidrovia do Madeira e a Hidrovia Paraguai-Paraná. Uma análise mais detalhada do transporte fluvial (interiores) brasileiro é apresentada no ANEXO I.

Visando a importância de investir no modal de transporte, o governo brasileiro vem estudando alternativas de estratégias adequadas para nortear os investimentos futuros. A criação de programas como o Plano Nacional de Logística Integrada (PNLI) e os Estudos de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental (EVTEA), das principais hidrovias do país, mostram as condições atuais e previsões estratégias para o modal até o ano de 2035.

Apresentando uma das melhores condições de navegação, a Hidrovia Paraguai-Paraná possui uma extensão total navegável de 3.442 km, tendo início no município de Cáceres – Mato Grosso e terminando em Nova Palmira – Uruguai, onde interliga cinco países: Brasil, Argentina, Paraguai, Uruguai e Bolívia (DNIT, 2018). Em 2017, um Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) do trecho brasileiro do Rio Paraguai (1270 km) foi desenvolvido pelo Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestruturas (ITTI) da UFPR, onde foi dividido em Tramo Norte (680 km) e Tramo Sul (590 km), para cada um desses tramos existem uma especificação adequada de composição de comboio e tipo de barcas. O estudo caracterizou o transporte aquaviário existente e seus principais produtos, além de analisar as obras

de infraestruturas necessárias ao longo da hidrovia, e análise de custo e de impactos ambientais.

Entre os resultados do EVTEA está a listagem dos passos críticos (pontos de entrave à navegação) que necessitam de obras de dragagem e verificação do dimensionamento do canal de navegação. A metodologia utilizada no dimensionamento do projeto considerou comboios de navegação que apresentam uma composição em função de barcas do tipo Mississipi, com capacidade de transporte de 1,5 mil toneladas. Atualmente, este tipo de barca são consideradas de baixa capacidade, sendo substituídas por barcas do tipo jumbo, com capacidades de transportar até 2,5 mil toneladas (ANTAQ, 2012).

As barcas jumbo apresentam dimensões (largura e comprimento) superiores as Mississipi, e uma possível alteração no tipo de barca resultaria em comboios com dimensões maiores, tornando os projetos de dragagem e dimensões do canal de navegação atuais subdimensionados.

Este estudo propõe avaliar a implementação de barcas tipo Jumbo no tramo norte do Rio Paraguai, reavaliando a dimensão do canal de navegação e sua possível viabilidade, devido ao acréscimo do custo de dragagem e o aumento da carga transportada.

A avaliação ocorrerá por meio de um estudo de caso, tendo como local de estudo o Passo Corixão, localizado no tramo norte da hidrovia do rio Paraguai. Para o dimensionamento do canal de navegação foi aplicado a metodologia da PIANC, conforme recomendação da Marinha do Brasil e os levantamentos necessários para o cálculo do volume a ser dragado, assim como os custos de transportes, foram fornecidos pelo ITTI.

## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é avaliar a implementação de barcas tipo Jumbo no tramo norte do Rio Paraguai, considerando a mesma formação de comboio permitida no trecho estudado. A análise será desenvolvida por um estudo de caso de um trecho brasileiro do Rio Paraguai, chamado de Passo do Corixão, localizado no Tramo Norte da hidrovia.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos, pretende-se:

- Dimensionar o canal de navegação para barcaças tipo jumbo;
- Avaliar o tipo de draga mais propícia a ser utilizada;
- Determinar o volume de dragagem e custo final; e
- Analisar a viabilidade comparando o valor final da dragagem com o ganho de carga adicional por conta da alteração do tipo de barcaça.

## 1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esse trabalho se contempla em cinco capítulos sendo o primeiro destinado às considerações introdutórias e aos objetivos apresentados.

No capítulo dois é apresentado uma revisão de literatura que servirá como embasamento no estudo mostrando a evolução das embarcações, o transporte aquaviário local, os métodos de dimensionamento para canal de navegação, e os tipos de dragas existentes.

O terceiro capítulo aborda um breve descritivo sobre a área do estudo escolhida para o trabalho, mostrando sua localização e características.

O quarto capítulo destina-se a metodologia, sendo calculado o dimensionamento do canal de navegação e o novo volume de dragagem.

A análise de custos é apresentada no capítulo quatro, além de realizar um comparativo dos resultados obtidos com os resultados descritos no EVTEA da hidrovia. Por fim, a análise da viabilidade da implementação das barcaças tipo jumbo na hidrovia e seus impactos econômicos está presente no capítulo cinco.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

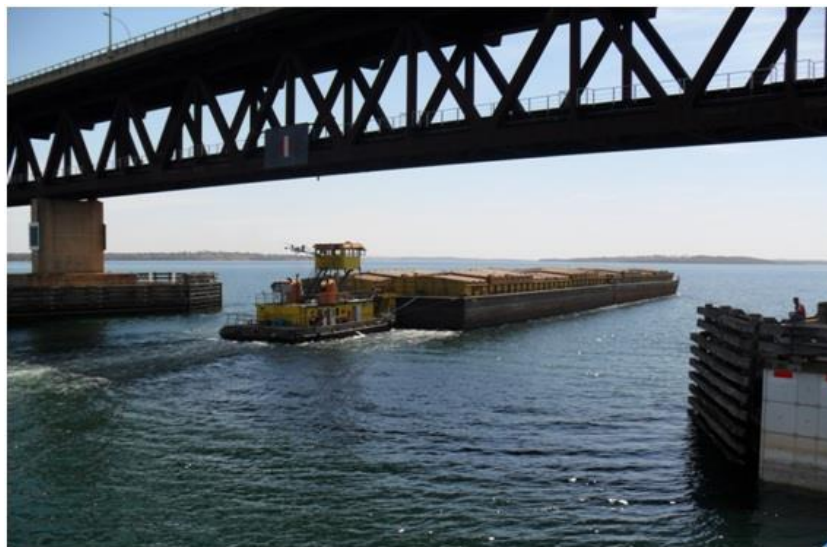
### 2.1 EVOLUÇÃO DAS EMBARCAÇÕES FLUVIAIS

Foi no século XV quando começou a ser perceptível o grande melhoramento no transporte marítimo e das embarcações, como por exemplo, o surgimento da vela triangular (Latina), cuja sua primeira armação era uma vela presa a uma verga em ângulo agudo com o mastro, chamada de carraca- (ROSEMBERG, BIRDZELL, 1986). Com o tempo foram surgindo dificuldades de se usar barcos a vela devido as rotas dos ventos alísios e então veio os barcos movidos a vapor o qual não tinha problema

em navegar contra o vento, porém apresentava necessidade de combustível, aumentando o custo da navegação.

Em conjunto com o aparecimento dos barcos a vapor, foram desenvolvidas barcas para atuar como acompanhantes desses barcos fornecendo uma capacidade extra de transporte de carga por um preço pequeno. Este sistema possibilitou um aumento de carga com pouco aumento no combustível (GLOBAL SECURITY, 2018). Apesar de também serem utilizadas para a navegação costeira, as barcas são usadas principalmente em locais com baixa profundidades, como rios, lagos ou canais. Normalmente, sua utilização é realizada em grupos, os chamados comboios, onde uma série de barcas (sem propulsão) são transportadas conectadas a uma embarcação chamada de empurrador (ou rebocador).

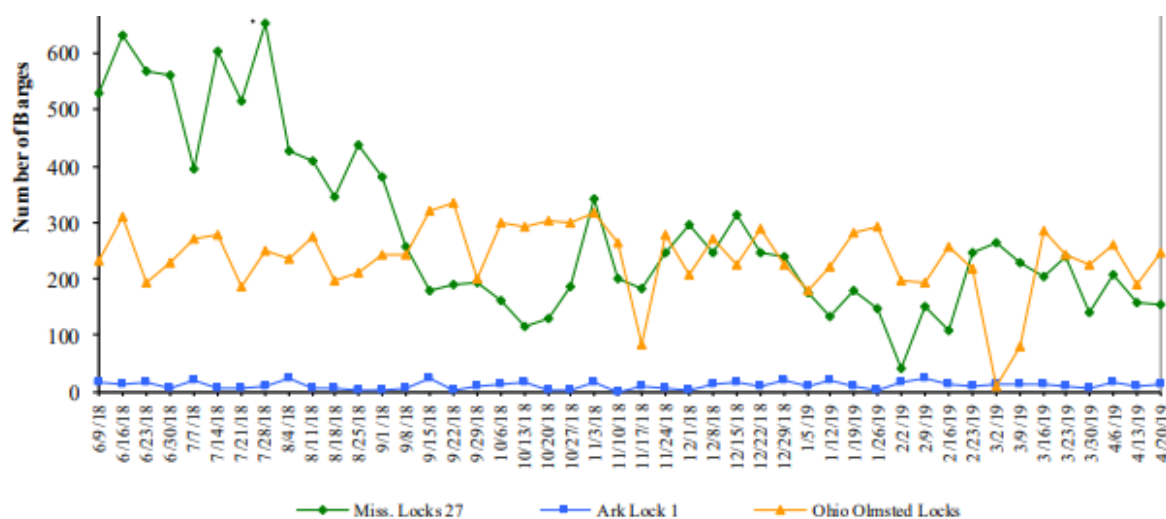
FIGURA 1 - COMBOIO TIPO MISSISSIPI



FONTE: AHRANA (Administração da hidrovia do Paraná)

O transporte fluvial por meio de barcas foi um dos primeiros modos usados nos EUA, principalmente para o transporte de carga, como peles de cervos e ursos, viajando pelo rio Mississippi em 1705. Atualmente, cerca de metade do tráfego de barcas no rio Mississippi envolve o transporte de grãos, que são transbordados para navios maiores que viajam para o Golfo do México e depois para outros continentes. De acordo com Margaret Budde, em 2013, 65% das exportações de milho dos EUA foram enviadas da saída do Golfo do Mississippi (BUDDE, 2016). A FIGURA 2 apresenta o número de barcas que transitam semanalmente ao longo de trechos do rio Mississippi.

FIGURA 2 – NÚMERO DE BARCAÇAS NO RIO MISSISSIPI EM 3 PONTOS DIFERENTES.

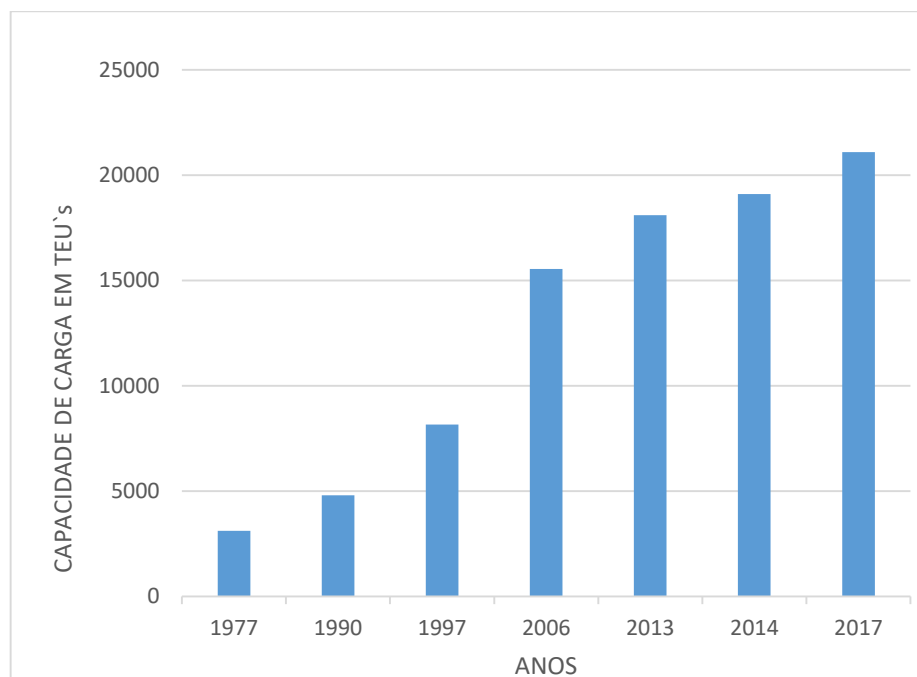


FONTE: Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA.

Devido ao grande volume de barçaças transitando e aos padrões de navegação locais, popularizou-se a comercialização de barçaças com dimensões com 8m de largura e 53m de comprimento, conhecidas como barçaças tipo Mississippi (ou *standard* para os americanos). Conforme o levantamento da frota utilizada nas hidrovias brasileiras, realizada pela ANTAQ, a predominância das barçaças utilizadas no país é do tipo Mississippi (ANTAQ, 2018b). Visto a predominância deste tipo de embarcação, a Marinha do Brasil utilizou as dimensões da barçaça Mississippi como padrão do comboio-tipo para o dimensionamento do canal de navegação no rio Paraguai (ANTAQ, 2009).

O crescimento da economia mundial e a busca por custo de transporte menores impulsionaram a evolução das embarcações e das barçaças. A FIGURA 3 apresenta a evolução do tamanho das embarcações containerizadas nos últimos 40 anos.

FIGURA 3 – EVOLUÇÃO DE EMBARCAÇÕES DE CONTAINERS NOS ÚLTIMOS 40 ANOS



FONTE: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e pela Federação Internacional dos Trabalhadores em Transportes (ITF) (2018).

O aumento da força de propulsão das embarcações incentiva diretamente a utilização de barcaças maiores. Atualmente, as empresas de navegação têm investido em barcaças maiores, conhecidas como jumbo e super jumbo. Com dimensões de 11m largura e 60m de comprimento, as barcaças jumbo possuem a capacidade de transportar 53% mais peso que as barcaças do tipo Mississippi. A super jumbo possui capacidade para transportar mais de 3000 toneladas e dimensões de 16m largura e 80m de comprimento (MARCON, 2012).

Entretanto, a navegação de comboios maiores do que os comboios tipos de cada hidrovía necessitam de autorização da Marinha do Brasil. Na hidrovía do Rio Paraguai essa autorização é permitida apenas durante a condição de cheia do rio, inviabilizando por exemplo no tramo norte do Rio, a utilização das barcaças jumbo durante o período de estiagem.



FIGURA 4 –BARCAÇAS UTILIZADAS NA HPP ATUALMENTE



FONTE: EVTEA/ITTI (2017)

QUADRO 1 – EMBARCAÇÕES REGISTRADAS QUE CIRCULAM NA HPP

TIPO DE EMBARCAÇÃO	NÚMERO DE EMBARCAÇÕES
Empurradores	219
Barcaças Dry Jumbo	668
Barcaças Dry Mississippi	1831
Barcaças Liquid Jumbo	102
Barcaças Liquid Mississippi	121
<b>TOTAL</b>	<b>2941</b>

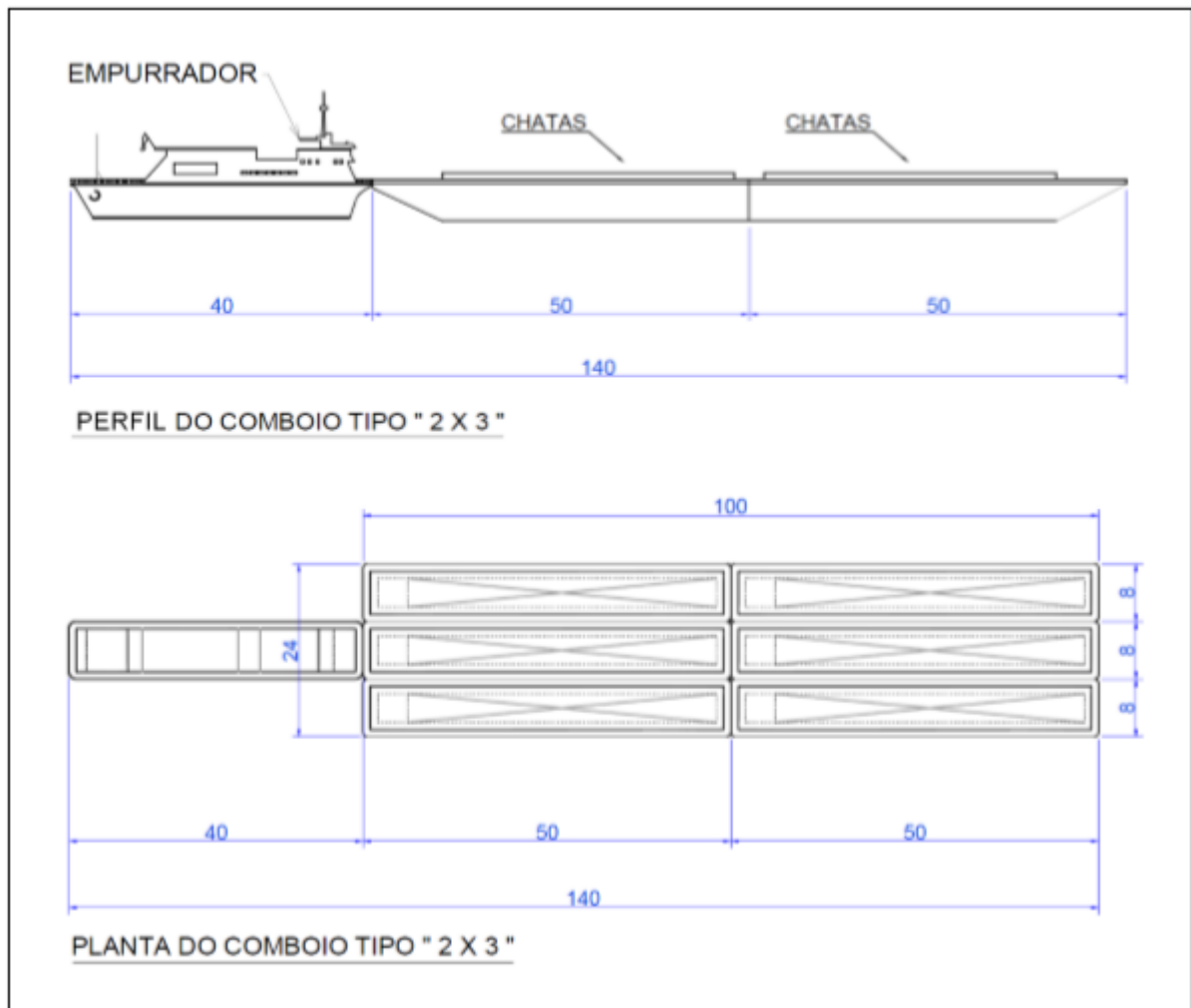
FONTE: Elaborada pelo autor. Dados EVTEA/ITTI (2017).

## 2.2 ANÁLISE DO EVTEA

O Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) da Hidrovia do Rio Paraguai realizou estudos para projetos básico e executivo de dragagem, sinalização, dimensionamento do canal e balizamento, através do Instituto Técnico de Transporte e Infraestrutura. A Hidrovia Paraguai-Paraná é um meio de ligação envolvendo cargas argentinas, bolivianas, brasileiras, uruguaias e paraguaias, no interior do continente Sul Americano. O EVTEA adotou a divisão existente na hidrovia, em Tramo Norte e Tramo Sul, devido as características de navegação e pela característica de carga de transporte devido à grande mina de minério de ferro no município de Corumbá. Estando a montante do rio e tendo uma bacia hidrográfica de contribuição menor, o Tramo Norte condições de navegação mais restritos, que

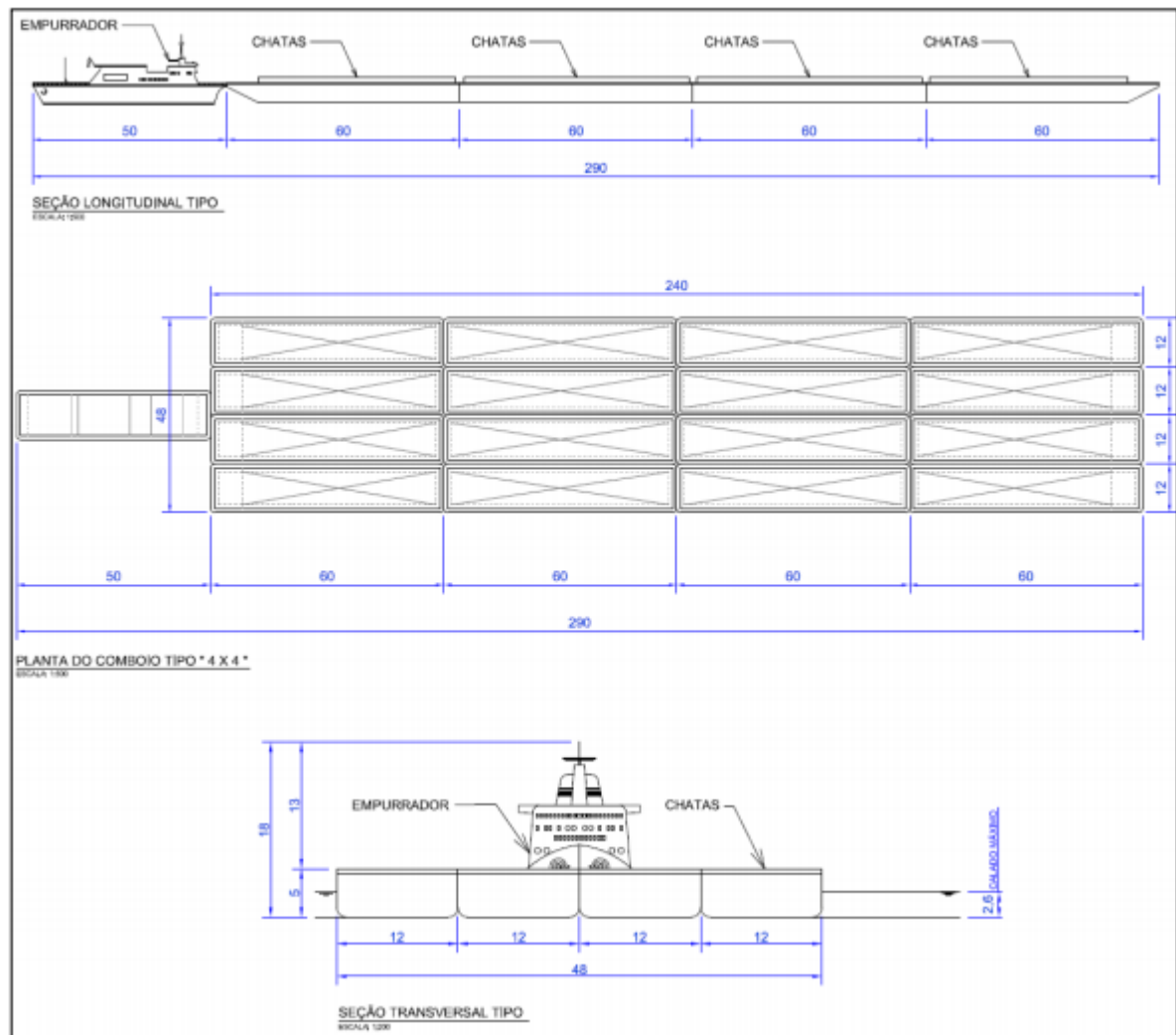
resultou em um dimensionamento do canal menor, possuindo 45m de largura e 1,80m de profundidade mínima. No Tramo Sul, a profundidade estabelecida foi de 3m e 105m de largura, todos esses dimensionamentos são devido a homologação da Marinha. Atualmente, os comboios homologados na hidrovia utilizam barcas do tipo Mississippi no Tramo Norte e do tipo Jumbo no Tramo Sul, conforme ilustradas nas FIGURAS 5 e 6. Entretanto, devido evolução de carga prevista para a hidrovia, o estudo sugere para estudos futuros a verificação da ampliação da dimensão das barcas e, conseqüentemente, do canal de navegação.

FIGURA 5 - COMBOIO TIPO (2X3) DO TRAMO NORTE



FONTE: EVTEA/ITTI (2017).

FIGURA 6 - COMBOIO TIPO (4X4) DO TRAMO SUL



FONTE: EVTEA/ITTI (2017).

De acordo com a Marinha do Brasil, nível de redução corresponde a cota de permanência de 90% das medições históricas realizadas nas estações fluviométricas ao longo do rio. Este é o nível de referência para embasar a profundidade mínima do canal de navegação e é variável ao longo do rio. Para fins de navegação, a Marinha do Brasil utiliza uma interpolação linear para determinar o nível de redução em um ponto entre duas estações (níveis de redução conhecidos). Para o desenvolvimento dos projetos de dragagem em cada passo crítico, o estudo do EVTEA utilizou um modelo hidrodinâmico 1D (HecRAS) para determinar o nível de redução ao longo do rio e referenciar os levantamentos batimétricos e a linha de corte do canal de navegação.

## 2.3 DIMENSIONAMENTO DE CANAIS

Conforme as barcaças evoluem de tamanho, os canais de navegação seguem o mesmo caminho. É importante ter um dimensionamento de canal adequado para evitar acidentes, incidentes e qualquer outro tipo de atraso na navegação.

Existem diferentes metodologias para o dimensionamento de canais de navegação. Desde as mais simples, como a metodologia chamada de Efeito Pistão (1990), onde era analisada apenas a área da seção molhada em função do calado do barco, até as mais modernas que utilizam modelos hidrodinâmicos tridimensionais, com variações temporais, como o Nonlinear Channel Optimisation Simulator (NCOS) desenvolvido pela DHI (2018).

O dimensionamento dos canais de navegação deve seguir as normas estipuladas em cada país. Entretanto, muitos países adotam métodos internacionais como a metodologia da PIANC (*Permanent International Association Of Navigation Congresses*). No Brasil, a metodologia da PIANC é adotada pela Marinha para homologação do canal de navegação, uma vez que a NBR 13246:2017, que revisou a norma de 1995, foi cancelada no mesmo ano (ABNT, 2017).

A metodologia da PIANC passou por uma evolução ao longo dos anos, a primeira surgiu em 1972 e foi sendo atualizada em 1980, 1985, 1995, 1997 e a última revisão foi em 2014 (PIANC, 2014b).

A metodologia consiste em dimensionar largura, comprimento e profundidade adequada para aquela região navegável, pode ser mão simples ou de mão dupla. Esse método analisa vários fatores como calado máximo da embarcação, incerteza do calado, mudança na densidade da água, efeito squat, salto dinâmico, efeito de onda, folga líquida sob a quilha, incerteza do leito, e sobre dragagem. A seguir são apresentados os passos avaliados para o dimensionamento da largura do canal de navegação, conforme a metodologia de PIANC (2014).

### 2.3.1 Alinhamento

É importante o projetista tentar obter o máximo de trechos retos no canal, uma vez que eles facilitam a navegação principalmente na manobrabilidade que deverá ser feita. Para o alinhamento do canal a sobre largura e a tangente estão interligadas.

- Sobre Largura

Deve ser analisada e aplicada de acordo com o comprimento da embarcação e o raio de curvatura.

$$\Delta w = \frac{L^2}{8R}$$

Onde:

$\Delta w$  = Sobre largura (m);

L = Comprimento da Embarcação-Tipo (m);

R = Raio de Curvatura (m).

- TANGENTE

O comprimento mínimo da tangente está relacionado com o comprimento da embarcação utilizada.

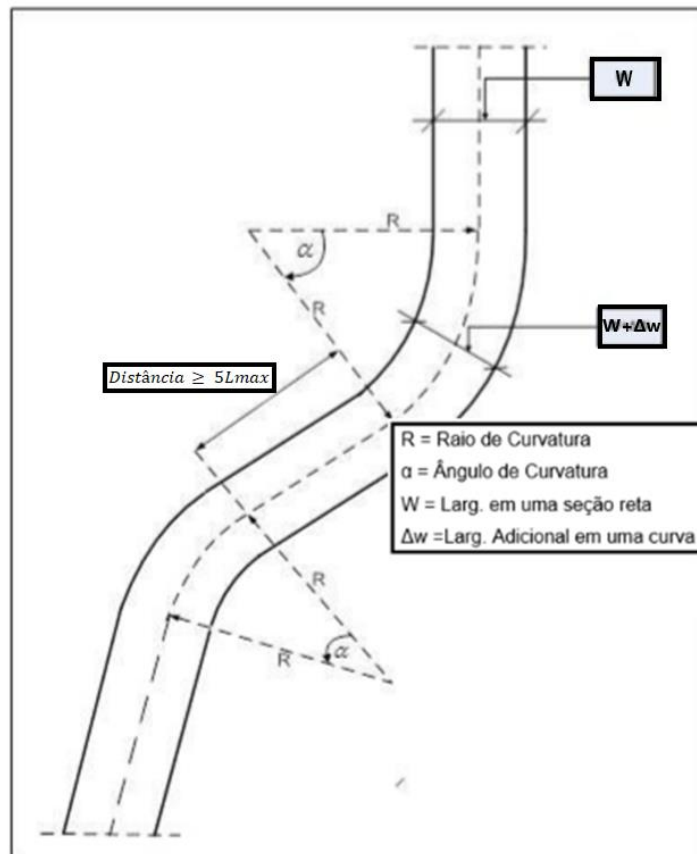
$$T \geq 5L$$

Onde:

T: Comprimento de tangente entre curvas (m);

L = Comprimento da Embarcação-Tipo (m).

FIGURA 7 – CANAL EM PLANTA



FONTE: Adaptado pelo Autor. Dados PIANC (2014).

- INCLINAÇÃO DE TALUDES

A inclinação de taludes está relacionada com o material do fundo do canal, sendo eles:

QUADRO 2 – DECLIVIDADE DE TALUDES

DECLIVIDADE PARA OS TALUDES EM FUNCAO DA NATUREZA DO SOLO:
ROCHA : PROXIMA A VERTICAL
ARGILA RIJA A MEDIA : 1:1 A 1:3
ARGILA ARENOSA : 1:3 A 1:4
AREIA GROSSA A FINA : 1:4 A 1:6
AREIA FINA SILTOSA 1:6 A 1:10
ARGILA MOLE E VAZA : NO MAXIMO 1:10

FONTE: Adaptada pelo autor. Dados NBR 13246.

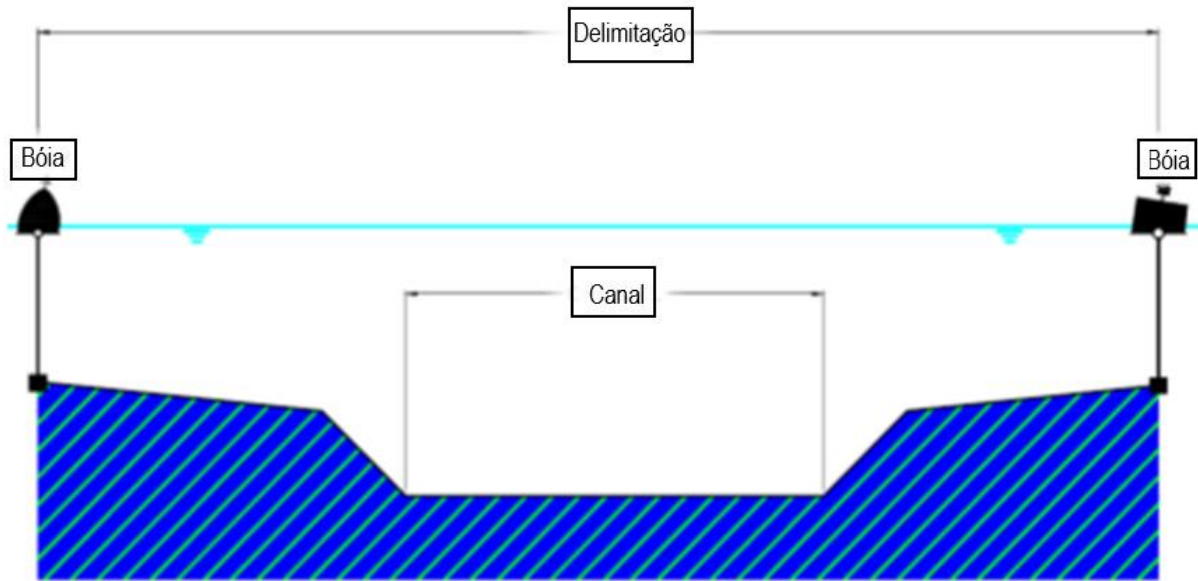
### 2.3.2 Largura

Para o cálculo de largura do canal simples ( $W$ ) é feito o somatório dos fatores abaixo, sendo apresentado com mais detalhes no Anexo II:

$$W = \sum Wbm + Vm + w + Ft + Fl + Hs + N + S + \frac{D}{d} + PC + WBR + WBG$$

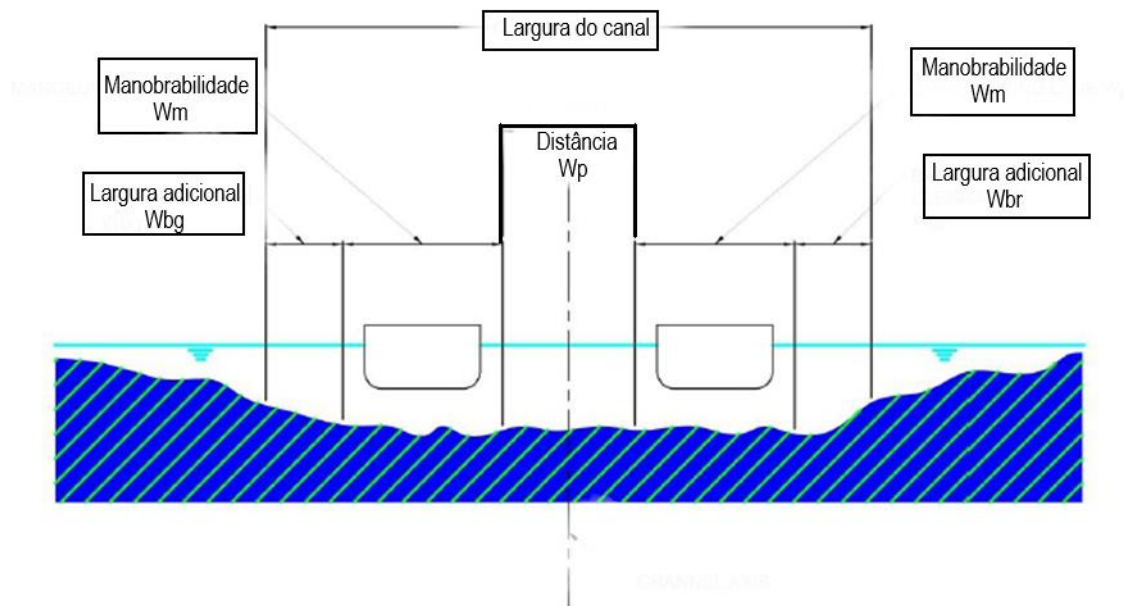
- Faixa de manobrabilidade (Wbm): capacidade das barcas efetuarem manobras.
- Velocidade média das embarcações (Vm): está relacionada com uma largura segura para o canal navegável.
- Ação dos Ventos (w): a força dos ventos acarreta na mudança da direção da embarcação, por esse motivo deve-se avaliar uma largura adicional ao canal de navegação.
- Correntes Transversais (Ft): segue o mesmo princípio das ações dos ventos.
- Correntes Longitudinais (Fl): segue o mesmo princípio das ações dos ventos.
- Alturas de Onda (Hs).
- Auxílios a navegação (N): Uma sinalização adequada influencia em uma largura segura para o canal de navegação.
- Superfície de Fundo (S): O efeito causado pelo fundo se aplica apenas em águas rasas. Se a profundidade for 1,5 vezes o calado da embarcação esse parâmetro não se aplica.
- Profundidade / Calado (D/d)
- Periculosidade de Carga (PC): Em geral, não é necessária largura adicional na presença de carga perigosa. No entanto para evitar este acréscimo, medidas adicionais de segurança devem ser aplicadas.
- Larguras adicionais (WBR=WBG): Essas larguras adicionais correspondem aos taludes laterais

FIGURA 8 – ANÁLISE DE VIA DE NAVEGAÇÃO DE MÃO SIMPLES



FONTE: PIANC (2014).

FIGURA 9 – ANÁLISE DE VIA DE NAVEGAÇÃO DE MÃO DUPLA



FONTE: PIANC (2014).

## 2.4 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE DRAGAGEM

Após determinar a largura e o alinhamento do canal de navegação, deve-se verificar se as dimensões necessárias são apresentadas pelo rio de forma natural, ou



se existe a necessidade de obras de dragagens/derrocamento. A FIGURA 10 ilustra a realização de uma obra de dragagem, com um braço de retroescavadeira.

FIGURA 10 – OBRA DE DRAGAGEM



FONTE: MINISTERIO DA INFRAESTRUTURA (2016)

No caso da necessidade de dragagens, é preciso se determinar os locais e o volume a ser dragado para fins de planejamento da obra. Para a determinação do volume de dragagem, pode-se utilizar diferentes métodos para obtenção da superfície dragada (UFPR, 2007). Alguns métodos são apresentados nos subcapítulos abaixo.

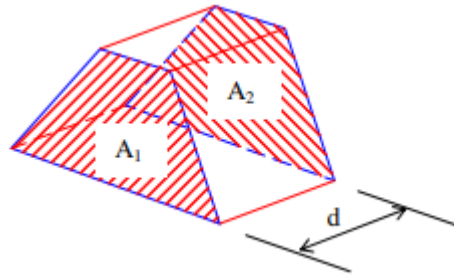
#### 2.4.1 Método das Seções Transversais

O método das seções transversais é um método simples, porém menos preciso. Ele consiste em calcular a área de corte e aterro de duas seções planas paralelas entre si, espaçada de uma distância “d”. Deve-se primeiro calcular a área das seções.

O volume é dado por:

$$Volume : d. \left( \frac{A1 + A2}{2} \right)$$

FIGURA 11 – SESSÕES PARALELAS



FONTE: UFPR TOPOGRAFIA – CÁLCULO DE VOLUMES (2007).

#### 2.4.2 Método das Alturas Ponderadas

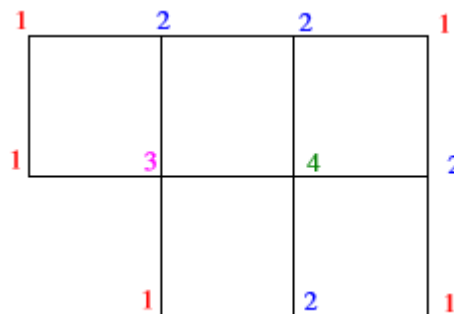
Nesse método o terreno é dividido em grade quadrangular regulares, onde cada ponto tem sua cota de referência. Dessa cota é diminuída a cota de escavação do projeto e atribuída valores de pesos conforme sua localização na malha. O cálculo para os métodos da altura ponderada é:

$$Volume : \frac{Q}{4} \left( \sum D1 + 2. \sum D2 + 3. \sum D3 + 4. \sum D4 \right)$$

Onde Q é a área da malha e os pesos 1, 2, 3 e 4 correspondem a:

- 1- Pontos localizados nos cantos da malha
- 2- Pontos localizados nas bordas da malha
- 3- Pontos localizados em cantos reversos da malha
- 4- Pontos localizados no interior da malha

FIGURA 12 – PESO ATRIBUÍDO A CADA VÉRTICE



FONTE: UFPR TOPOGRAFIA – CÁLCULO DE VOLUMES (2007)

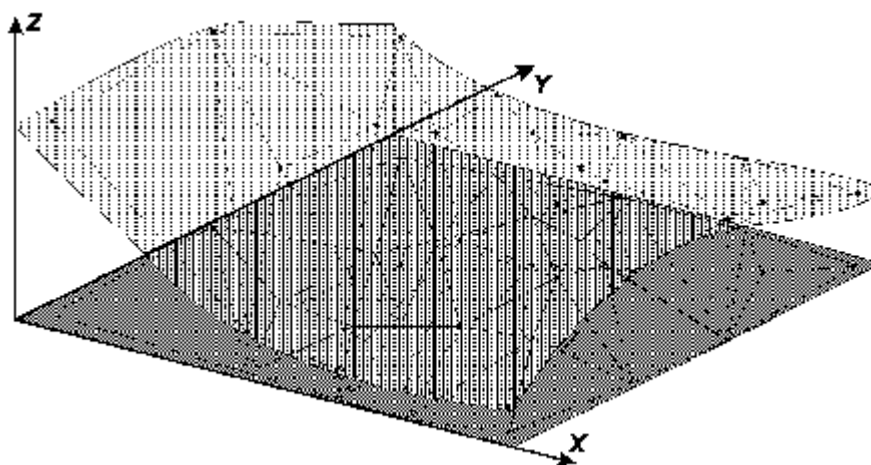
### 2.4.3 Método de Superfícies

O volume pode ser calculado diretamente de um corte em uma superfície modelada, utilizando a metodologia de grade irregular triangular. Neste modelo, a nuvem de pontos é utilizada para gerar uma rede de polígonos (triangulares), resultando em uma superfície, com um volume total. Esse método permite e mantém informações importantes, como cristas e vales do relevo (INPE, 2017)

Este método pode ser aplicado utilizando o programa Autodesk Civil 3D, para a determinação dos volumes (Autodesk 3D, 2019). O uso desse software é uma solução para projetos de infraestrutura, desenvolvendo modelagens de terrenos, estradas e barragens, de maneira mais precisa.

Nesse método é calculado o volume entre a superfície do terreno natural e do terreno projetado, utilizando-se da rede triangular gerada na modelagem digital de terreno.

FIGURA 13 – MÉTODO DA SUPERFÍCIE



FONTE: INPE (2017)

## 2.5 TIPOS DE DRAGA

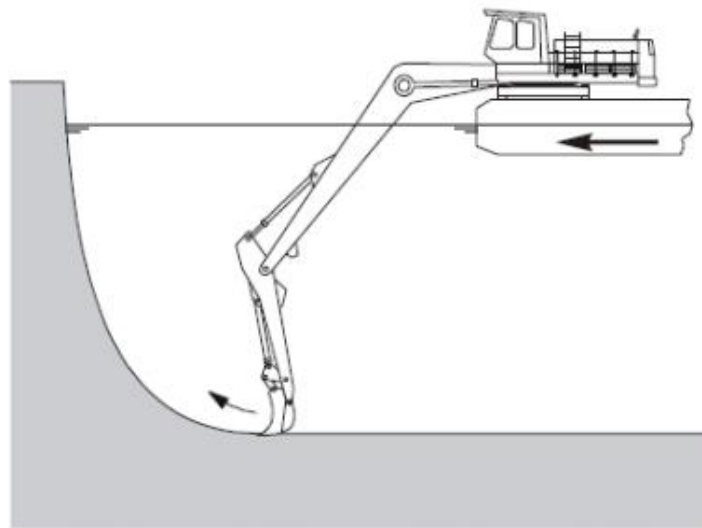
A draga é um equipamento criado com a função de remover partes do fundo do leito para a abertura de canais permitindo a desobstrução da navegação em áreas portuárias ou vias. As finalidades de dragagem podem ser de manutenção, remoção, dragagem ambiental ou também de movimentação (SIMÃO JUNIOR, 2011).

As dragas podem ser classificadas em dois tipos, mecânica e hidráulica, conforme seu funcionamento, e a seleção depende do local e do tipo do material extraído do fundo.

### 2.5.1 Dragas Mecânicas

As dragas mecânicas foram as primeiras a serem desenvolvidas, pois são semelhantes a equipamentos utilizados em terraplenagem. São utilizadas para sedimentos muito coesivos, como argila, turfas, e também para remoção de cascalhos. Elas escavam o material do fundo através de uma força mecânica e utilizam equipamentos como caçambas, escavadeiras embarcadas e pás carregadeiras (PORTOPEDIA, 2016).

FIGURA 14 – ESCAVADEIRA FRONTAL (DIPPER DREDGES)



FONTE: CENTRAL DREDGING ASSOCIATION (2003).

### 2.5.2 Dragas Hidráulicas

Outro tipo de draga é a hidráulica, utilizada para remoção de elementos como areia e silte, tendo como ferramenta principal as bombas de dragagem que fazem a sucção do material no leito do rio e transportam o sedimento posteriormente via tubulação de recalque até a área do bota-fora. Quando comparadas com as dragas mecânicas, as hidráulicas são mais eficientes e têm um melhor rendimento, entretanto

as dragas hidráulicas não são recomendadas para materiais que contenham grandes rochas (PORTOPEDIA, 2016).

FIGURA 15 – DRAGA DE SUCÇÃO (CUTTER SUCTION DREDGER)



FONTE: CENTRAL DREDGING ASSOCIATION (2003).

### 2.5.3 Parâmetros para escolha da draga

A escolha do tipo de draga a ser utilizado numa dragagem aborda diferentes variáveis, além do tipo de draga. O projetista deve buscar os detalhes do local e pensar em todos os parâmetros de operação para escolha. Além disso, é muito importante verificar a disponibilidade da draga.

A característica de cada draga apresenta uma relação ao tipo de serviço que será executado. Por exemplo, deve-se avaliar se o local de dragagem é contínuo ou espalhado em vários pontos de uma área, além do comprimento e espaçamento da área dragada. Um deslocamento contínuo e longo pode exigir uma motorização de maior potência, ou até mesmo sendo interessante que a draga seja acoplada a um rebocador. Esta análise também envolve se o local apresenta espaço suficiente para realização das manobras do conjunto draga mais rebocador (aumento de largura).

Existem outros fatores que podem ser avaliados, como os apresentados por GOES FILHO (1979):

- As características físicas do material que será dragado;
- O volume do material a ser dragado;
- As profundidades de dragagem;

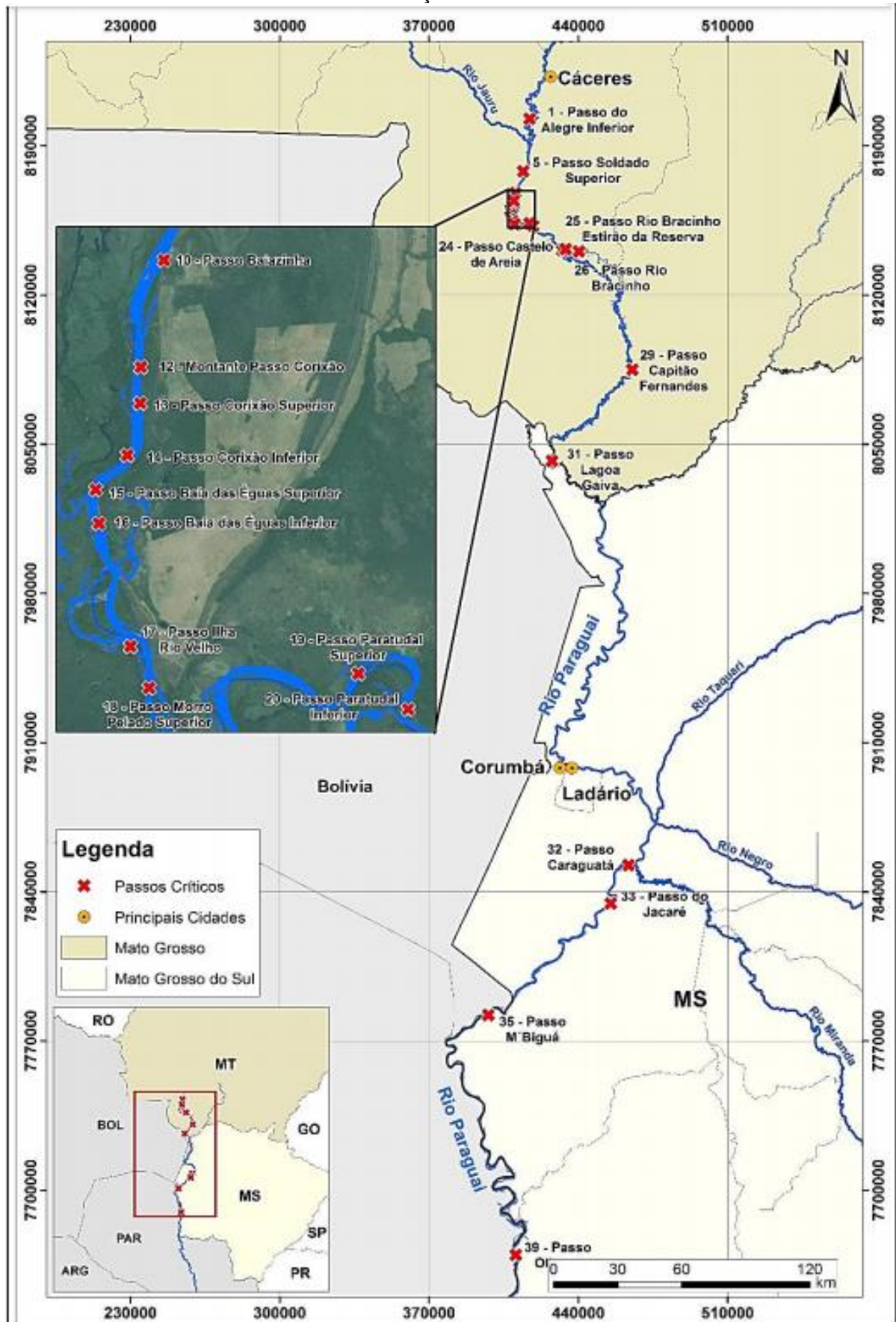
- Distâncias entre os pontos da realização da dragagem e da disposição final do material dragado;
- As condições ambientais das áreas onde ocorrerá a dragagem e a disposição final do material dragado;
- O nível de contaminação detectado nos sedimentos proveniente da dragagem;
- Os métodos que serão utilizados na disposição dos sedimentos dragados; e
- Os tipos de dragas disponíveis para operação.

### **3 DESCRITIVO DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.1 PASSO DO CORIXÃO**

O Passo do Corixão se encontra no Tramo Norte da Hidrovia Paraguai Paraná entre as cidades de Cáceres (MT) e Corumbá (MS), conforme ilustrado na Figura 15. Localizado no KM 2084 da hidrovia, o passo crítico é subdividido nas cartas da Marinha do Brasil em 3 trechos: Montante do Passo Corixão, Passo do Corixão Superior e Passo do Corixão Inferior. Conforme descrito no estudo do EVTEA (ITTI, 2017), nessa área encontra-se uma forte presença de bancos de areia devido ao transporte de sedimento ser intenso e uma baixa declividade (1,6 cm/km), o que limita ainda mais a navegação. A extensão total do passo é de 4,938 km, podendo ser visualizada com detalhes no Anexo III.

FIGURA 16 – LOCALIZAÇÃO DO PASSO DO CORIXÃO



FONTE: EVTEA (2017).

A profundidade homologada pela Marinha do Brasil para o tramo norte da Hidrovia do rio Paraguai é de 1,80 m, tendo como base o nível de referência local do passo. A batimetria fornecida pelo ITTI foi feita com base na referência de nível adotada em campo. Apesar de sua extensão, este estudo considerou o nível de água constante ao longo de todo o passo.

Ao final do estudo do EVTEA, o volume total estimado de dragagem foi de 14.350 m<sup>3</sup>, sem a condição de sobre dragagem. Considerando uma sobre dragagem de 30cm, o volume se eleva para um total de 29.217 m<sup>3</sup> (ITTI, 2017).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Algumas informações como variáveis para a dimensão da largura do canal, nível de água e a batimetria do Passo do Corixão, foram obtidos do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental, elaborado pelo Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura. Esses dados coletados foram aplicados conforme o método da PIANC 2014. Já para a utilização das dragas foi analisado a profundidade do corpo hídrico, as condições das áreas, os sedimentos dragados e a disponibilidade do equipamento.

### 4.1 DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE NAVEGAÇÃO

Para o dimensionamento de navegação foi utilizado o método da PIANC (2014) e considerado o canal como sentido de mão única, devido a sua baixa estrutura para o cruzamento das embarcações.

#### 4.1.1 Alinhamento

- SOBRE LARGURA

O raio de curvatura (R) foi determinado a partir do traçado do canal utilizado pelo *software* CIVIL 3D (2019), conforme QUADRO 4, dependendo do raio avaliado é possível a necessidade da adição de uma largura ao canal. Se o comprimento da embarcação-tipo é de 160m (2x60m barça + 40m empurrador), para condições de águas calmas e sem vento o Raio de Giro (R<sub>g</sub>) fica entre 2L e 3L podendo se elevar



para 5L ou mais caso atenda à condição de  $h/t=1,2$ . O QUADRO 3 ilustra as condições existentes. Como essa nova atualização da norma PIANC (2014) não deixa um valor específico, foi adotado o valor de 2,8L conforme a PIANC (1995) sugere.

Para ser necessária a sobre largura, o Raio de Curvatura deve ser menor que o Raio de Giro. Analisando os dados:

$$Rg = 2.8L$$

$$Rg = 448m$$

$$R = 840 m$$

Verificamos que:

$$Rg < R$$

Nota-se a desnecessidade de uma sobre largura no canal de navegação do Passo Corixão.

QUADRO 3 – TIPOS DE NAVIOS

No.	TIPO DE NAVIO	Rc
1	Navio de Carga	5L
2	Navio de Pequena Carga	6L
3	Navio Porta-Contêineres (Maior que Panamax)	7L
4	Navio Porta-Contêineres (Panamax)	6L
5	Navio Cargueiro	6L
6	Graneleiro Grande	6L
7	Graneleiro Pequeno	5L
8	VLCC	5L
9	Navio Tanque	5L
10	Navio LNG	4L
11	Transportador de Carga Refrigerada	5L
12	Navio de Passageiros	4L
13	Ferry Boat	5L

FONTE: Adaptada pelo autor. Dados da PIANC (2014).

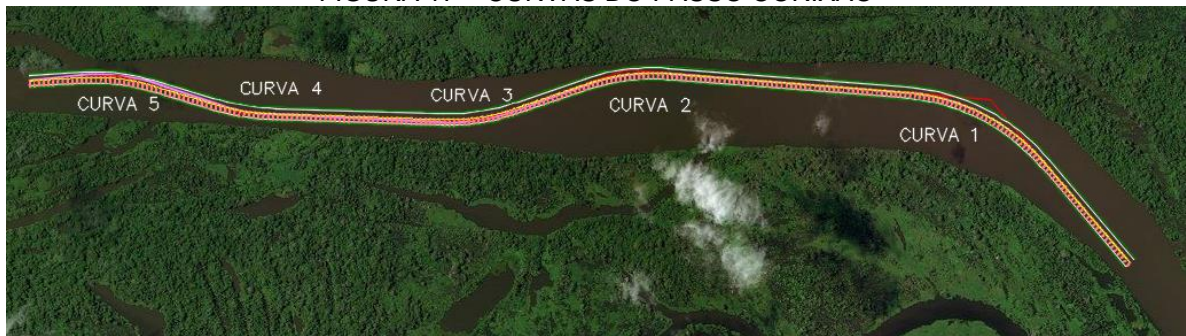
QUADRO 4 – RAO DE CURVATURA DAS CURVAS DO PASSO CORIXÃO

Componentes	Tangente entre curvas (m)	Raio (m)	Início da estação(m)
Curva 1		840	0+552.16
<b>Reta 12</b>	1.007,03		
Curva 2		840	2+218.03
<b>Reta 23</b>	320,44		

Componentes	Tangente entre curvas (m)	Raio (m)	Início da estação(m)
Curva 3		840	2+882.77
<b>Reta 34</b>	729,11		
Curva 4		840	3+917.80
<b>Reta 45</b>	288,17		
Curva 5		840	4+421.84

FONTE :O Autor (2019).

FIGURA 17 – CURVAS DO PASSO CORIXÃO



FONTE: O Autor (2019).

- TANGENTE

Conforme PIANC (2014):

$$T \geq 5L$$

$$T \geq 5 \times 160$$

$$T \geq 800m$$

Com os valores das Tangentes conforme mostrado no QUADRO 4, é perceptível que a maioria desses valores encontrados não estão de acordo com a recomendação da PIANC (2014), isso devido a sinuosidade acentuada do rio. Por esse motivo é recomenda-se a utilização de brasílias para facilitar na manobrabilidade da navegação. Essa alternativa também foi abordada no EVTEA.

#### 4.1.2 Largura do Canal

Ao fazer a análise de manobrabilidade de navegação do comboio 2x3, utiliza-se a presença de brasílias como citado anteriormente, por esse motivo considera-se  $W_{bm} = 1,2B$ .

QUADRO 5 – LARGURA DO CANAL

FAIXA BASICA DE MANOBRAS			SOMATÓRIO DE LARGURAS
MANOBRABILIDADE ( $W_{bm}$ )	EXCELENTE	1,3B	
	BOA	1,5B	1,2
	RUIM	1,8B	
A) VELOC. DAS EMBARCACOES ( $V_m$ )			
ALTA >12 NÓS		0,1B	
MODERADA > 8-12 NÓS		0,0B	
BAIXA 5-8 NÓS		0,0B	0
	VELOC. DAS EMBARCAÇÕES		
B) AÇÃO DOS VENTOS (W)			
BAIXA (< 15 NÓS)	ALTA	0,0B	0
	MODERADA	0,0B	
	BAIXA	0,0B	
MODERADA (15-33 NÓS)	ALTA	0,3B	
	MODERADA	0,4B	
	BAIXA	0,6B	
ALTA (>33 NÓS)	ALTA	0,5B	
	MODERADA	0,7B	
	BAIXA	1,1B	
C) CORRENTES TRANSVERSAIS (Ft)			
DESPREZIVEL (< 0,2 NÓS)	ALTA	0,0B	
	MODERADA	0,0B	
	BAIXA	0,0B	0
BAIXA (0,2 - 0,5 NÓS)	ALTA	0,1B	
	MODERADA	0,2B	
	BAIXA	0,3B	
MODERADA (0,5-1,5 NÓS)	ALTA	0,4B	
	MODERADA	0,6B	
	BAIXA	0,8B	
ALTA (>1,5 NÓS)	ALTA	1,0B	
	MODERADA	1,2B	
	BAIXA	1,6B	

<b>D) CORRENTES LONGITUDINAIS (FI)</b>			
BAIXA ( $\leq 1,5$ NÓS)	ALTA	0,0B	
	MODERADA	0,0B	
	BAIXA	0,0B	0
MODERADA ( $>1,5-3,0$ NÓS)	ALTA	0,0B	
	MODERADA	0,1B	
	BAIXA	0,2B	
ALTA ( $> 3,0$ NÓS)	ALTA	0,1B	
	MODERADA	0,2B	
	BAIXA	0,4B	
<b>E) ALTURA DE ONDA (Hs)</b>			
$H_s \leq 1m$	TODAS	0,0B	0
$1m \leq H_s \leq 3m$	TODAS	0,5B	
$H_s \geq 3m$	TODAS	1,0B	
<b>F) AUXILIO A NAVEGACAO (N)</b>			
EXCELENTE	TODAS	0,0B	0
BOA	TODAS	0,2B	
MODERADA	TODAS	0,4B	
<b>G) SUPERFICIE DE FUNDO (S)</b>			
$D/d > 1,5$	TODAS	0,0B	0
$D/d < 1,5$ Liso/Macio	TODAS	0,1B	
$D/d < 1,5$ Duro	TODAS	0,2B	
<b>H) PROFUNDIDADE/CALADO (D/d)</b>			
$D/d > 1,5$	TODAS	0,0B	0
$1,15 \leq D/d \leq 1,5$	TODAS	0,2B	
$D/d < 1,15$	TODAS	0,4B	
<b>I) TALUDES LATERAIS ( WBR=WBG)</b>			
SUAVE INCLINACAO DO CANAL SUBMARINO	ALTA	0,2B	
	MODERADA	0,1B	
	BAIXA	0,0B	
BORDAS DO CANAL INCLINADAS	ALTA	0,7B	
	MODERADA	0,5B	
	BAIXA	0,3B	0,3+0,3
ATERROS INGREMES E DUROS	ALTA	1,3B	
	MODERADA	1,0B	
	BAIXA	0,5B	
			1,8

FONTE: Elaborada pelo autor. Dados EVTEA (2017).

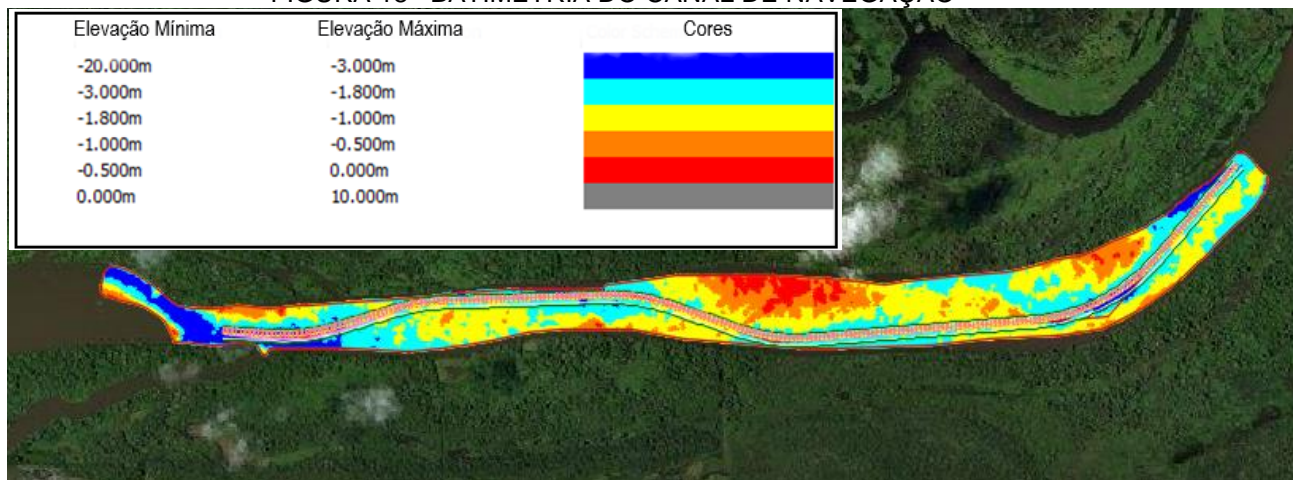
Com o somatório dos fatores chegamos a 1,8B, onde B é a largura da barçaça tipo Jumbo de 33m. Assim, o valor do dimensionamento do canal é de, aproximadamente, 60m.

## 4.2 CÁLCULO DO VOLUME

A determinação do volume foi realizada através do método das superfícies utilizando o *software* Autodesk 3D (2019). Com os dados interpolados em uma malha irregular triangulada, e referenciados com os níveis de referência instalados no EVTEA, a batimetria do Passo do Corixão foi importada para o software gerando a superfície do rio estudado. As profundidades de cada área do rio foram diferenciadas por cores facilitando a identificação dos locais mais rasos e profundos. A FIGURA 18 ilustra a batimetria. Ao analisar a melhor rota de navegação o alinhamento do canal é traçado e gerado o perfil conforme a sua profundidade com a cota do calado de 1,80m (calado 1,5m + 0,30m de pé de piloto). Para finalizar o corredor foram inseridos dados de declividade dos taludes de 1:6 (Areias Finas) e a largura do canal de 60m, gerando o volume de dragagem em relação com a superfície de batimetria e o canal criado.

Além do volume de dragagem é necessário fornecer uma tolerância chamada de sobredragagem, onde a Administração Hidroviária do Paraguai considera e sugere um valor de 30% da área do canal dragado, equivalente a 30cm a mais de profundidade ao longo de todo o canal (AHIPAR, 2016)

FIGURA 18– BATIMETRIA DO CANAL DE NAVEGAÇÃO



FONTE: O Autor (2019).

## 4.3 DRAGAS

Devido ao tipo de material existente na Hidrovia do Rio Paraguai e a disponibilidade no mercado, foi optado por utilizar as Dragas Hidráulicas. Essas

dragas são bastante utilizadas para áreas com areia ou silte. Elas compõem uma embarcação que funcionam por meio de tubulações flutuantes que sugam e descartam o material no seu destino final. Devido ao espalhamento dos pontos de dragagem ao longo do passo a draga deve ter propulsão. A largura limitada do rio inviabiliza a utilização de rebocadores acoplados a dragas sem propulsão.

Conforme adotado no EVTEA, o equipamento selecionado para a dragagem foi a draga de sucção e recalque do modelo IHC Beaver 45. Este modelo fornecem uma maior versatilidade de aplicação, apresentando motorização própria, redução de comprimento, baixo calado e fácil montagem da tubulação de recalque. As especificações técnicas são apresentadas no Quadro 6.

FIGURA 19 – DRAGA IHC BEAVER 45



FONTE: IHC Beaver Cutter Suction Dredgers (2014).

QUADRO 6 – ESPECIFICAÇÕES DA DRAGA HIDRÁULICA

ESPECIFICAÇÕES DA DRAGA IHC BEAVER 45	
Comprimento Total	<b>26,10 m</b>
Largura	<b>6,91 m</b>
Calado	<b>2,00 m</b>
Profundidade mínima de operação	<b>2,00 m</b>
Profundidade máxima de sucção	<b>10 m</b>
Diâmetro de sucção	<b>450 mm</b>
Potência da bomba	<b>746 kW; 1.800 rpm</b>

Potência do cortador	<b>110 kW (150HP)</b>
----------------------	---------------------------

FONTE: IHC Beaver Cutter Suction Dredgers (2014).

#### 4.4 ANÁLISE DE CUSTO DE TRANSPORTE HIDROVIÁRIO

O tramo norte é localizado no estado do Mato Grosso, o estado com a maior produção de grãos do Brasil. Considerando a soja como principal produto escoado pela hidrovia, foi analisado e calculado por meio do frete desse produto, quantas viagens serão necessárias para pagar a diferença do custo de dragagem obtida, levando em consideração 680 km de Cáceres (MT) à Corumbá (MS).

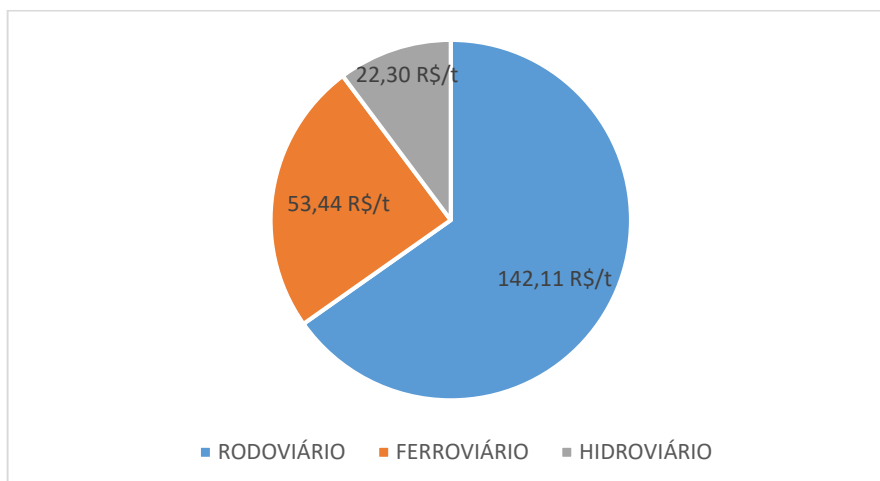
Utilizando os dados disponíveis pela ANTAQ (2013), foi elaborado um quadro de frete, em função da distância, para a soja, conforme apresentado no QUADRO 7 e FIGURA 20. Comparando com os valores de frente, para uma distância de 680km, obtém-se um valor de 22,30 R\$/T para o modal hidroviário.

QUADRO 7– CUSTO DO FRETE DE SOJA EM R\$/T

DISTÂNCIA	RODOVIÁRIO	FERROVIÁRIO	HIDROVIÁRIO
	R\$/t		
100 km	49,46	13,00	<b>5,04</b>
250 km	73,42	25,50	<b>9,50</b>
500 km	113,36	43,00	<b>16,94</b>
1000 km	193,23	72,00	<b>31,81</b>
2000 km	353,31	120,00	<b>61,56</b>

FONTE: Elaborada pelo autor. Dados ANTAQ (2013).

FIGURA 20 – FRETE DE SOJA PARA UMA DISTÂNCIA DE 680Km



FONTE: Elaborada pelo autor. Dados ANTAQ (2013).

## 5 RESULTADOS

Buscou-se realizar para o dimensionamento um trajeto acessível e retilíneo que minimizasse a necessidade de dragagem. Aplicando a metodologia da PIANC (2014), resumido no QUADRO 5, o valor determinado para a largura do canal de navegação, utilizando as dimensões das barcas jumbo foi 60m. O resultado obtido apresenta um acréscimo de 15m de largura, se comparado ao canal homologado pela Marinha do Brasil e estipulado no EVTEA.

Junto com a mudança das embarcações, é esperado um aumento do volume de dragagem para o passo. Considerando o mesmo critério de sobre dragagem do EVTEA, o volume total obtido foi de 35.998,71 m<sup>3</sup>, conforme exibido no QUADRO 8. O volume resultante pode ser comparado ao volume total apresentado no EVTEA, conforme apresentado no QUADRO 9.

Buscando uma avaliação mais geral para hidrovia, pode-se aplicar, hipoteticamente, que os demais passos do tramo norte da hidrovia apresentem um acréscimo de volume semelhante aos obtidos no Passo Corixão. Os volumes dos passos (tramo norte) apresentados no EVTEA, acrescidos da mesma taxa de acréscimo são exibidos no QUADRO 10.

QUADRO 8 – VOLUME DE DRAGAGEM PARA O PASSO CORIXÃO

	ÁREA DRAGADA (m <sup>2</sup> )	VOLUME DRAGADO (m <sup>3</sup> )	SOBREDRAGAGEM $\Delta\% = 0,30$ (m <sup>3</sup> )	VOLUME TOTAL (m <sup>3</sup> )
PASSO CORIXÃO	534.31,26	19.969,33	16.029,378	35.998,71

FONTE: O Autor (2019).

QUADRO 9 – ACRÉSCIMO NO VOLUME DE DRAGAGEM

	VOLUME EVTEA (m <sup>3</sup> )	VOLUME ATUAL (m <sup>3</sup> )	Acréscimo de volume (m <sup>3</sup> )	PORCENTAGEM %
PASSO CORIXÃO	29.217,00	35.998,71	6.781,71	123,21

FONTE: O Autor (2019).



QUADRO 10 – PASSO DO TRAMO NORTE COM NOVOS VOLUMES DE DRAGAGEM

PASSOS TRAMO NORTE			
Passo	Volume Anterior (m³)	Acréscimo % (m³)	Volume Novo (m³)
Passo do Alegre Inferior	4730,00	23,21%	5827,83
Passo Soldado Superior	4533,00	23,21%	5585,11
Passo Baiazinha	10688,00	23,21%	13168,68
Passo Baía das Éguas Superior	34489,00	23,21%	42493,90
Passo Baía das Éguas Inferior	14600,00	23,21%	17988,66
Passo Ilha do Rio Velho	14130,00	23,21%	17409,57
Passo Morro Pelado Superior	20929,00	23,21%	25786,62
Passo Paratudal Superior	11150,00	23,21%	13737,92
Passo Paratudal Inferior	10436,00	23,21%	12858,20
Passo Castelo de Areia	2873,00	23,21%	3539,82
Rio Bracinho- Estirão da Reserva	12070,00	23,21%	14871,45
Rio Bracinho	72176,00	23,21%	88928,05
Passo Capitão Fernandes	4625,00	23,21%	5698,46
Lagoa Gaiva	31711,00	23,21%	39071,12
Passo Corixão	29217,00	23,21%	35998,2657
<b>TOTAL</b>	<b>278.357,00</b>		<b>342.963,66</b>

FONTE: O Autor (2019).

Utilizando o orçamento de dragagem estimado pelo ITTI, que engloba serviços gerais, mobilização, desmobilização, dragagem e BDI foi de aproximadamente R\$ 18,24 por m³ na condição 'com desoneração'. Este resultado levou a um custo no Tramo Norte de R\$ 5.077.231,68. Utilizando o mesmo valor por m³, o valor final da dragagem para o canal de navegação de 60m é de R\$ 6.255.657,88, conforme apresentado no Quadro 11.

QUADRO 11 – CUSTO TOTAL DA DRAGAGEM

	VOLUME (m³)	CUSTO DE DRAGAGEM em R\$/m³	CUSTO DE DRAGAGEM TOTAL (R\$)
PASSO CORIXÃO EVTEA	<b>278.357,00</b>	18,24	5.077.231,68
PASSO CORIXÃO ATUAL	<b>342.963,66</b>	18,24	6.255.657,88

FONTE: O Autor (2019).

Comparando os valores totais obtidos, a diferença encontrada é de R\$ 1.178.426,20. Considerando um frete de 22,30 R\$/T e que a capacidade da barçaça jumbo é de 2500 toneladas, estima-se um valor do transporte de R\$ 55.750,00 por barçaça, ou seja, seriam necessário, no mínimo, um acréscimo de 4 viagens de

comboios 2x3, com barcaças do tipo jumbo, a mais por ano para que a dragagem extra se justifique.

O QUADRO 12 resume a comparação dos resultados obtidos na utilização de cada tipo de barcaça.

QUADRO 12 – TABELA DE COMPARAÇÃO

BARCAÇAS	CUSTO DE DRAGAGEM (R\$)	CARGA BARCAÇA (TON)	CARGA COMBOIO (TON)	FRETE (R\$/TON)	FRETE DO COMBOIO TRANSPORTADO (R\$)	QTIDADE DE COMBOIO PARA RESTITUIR A DRAGAGEM
<b>MISSISSIPI</b>	5.077.231,68	1500	9000	22,30	200.700,00	25,30
<b>JUMBO</b>	6.255.657,88	2500	15000	22,30	334.500,00	18,70

FONTE: O Autor (2019).

## 6 CONCLUSÃO

Com a expansão do comércio hidroviário, os canais de navegação precisam se adaptar a várias mudanças para aumentar o porte de navio e ter sucesso na exportação com maiores cargas. Para isso a realização da dragagem é um dos principais fatores a se analisar. Ao fazer a dragagem no Tramo Norte da Hidrovia do Rio Paraguai utilizando a metodologia da PIANC (2014), com barcaças tipo Jumbo, a largura do canal de navegação necessitou ser alterado de 45m para 60m. Este aumento gerou um acréscimo no volume dragado de 64.606,66 m<sup>3</sup> a mais do que o calculado no estudo do EVTEA, que utilizou a metodologia da PIANC (1995) e utilizando barcaças do tipo Mississipi na formação do comboio-tipo. O valor representa um aumento do volume dragado de aproximadamente 23,21%.

O gasto previsto para esta dragagem foi estimado em R\$ 6.255.657,88. Levando em consideração que o produto de maior exportação de Mato Grosso é a soja, o capital de investido na ampliação da dragagem corresponde a uma elevação de 4 viagens por ano, de Cáceres(MT) a Corumbá(MS), utilizando comboios 2x3 capaz de transportar até 15.000 toneladas.

Conclui-se de que mesmo com o volume de dragagem maior para o novo dimensionamento do canal, a diferença de carga que será transportada na barcaça jumbo irá conseguir trazer um retorno maior pra hidrovia em um número menor de viagens.

Uma das limitações do estudo foi ter analisado apenas um passo do Tramo Norte e com isso utilizado a mesma variação do volume de dragagem para os outros passos. Para estudos futuros, recomenda-se estender a metodologia para o conjunto de todos os passos existentes naquele tramo, já que cada um deles se comportam de maneiras diferentes.

O desenvolvimento de um estudo econômico mais detalhado também é sugerido. Avaliando o tempo de retorno do pagamento do serviço de dragagem em função dos impostos atribuídos, uma vez que o governo é quem realiza as dragagens.

Outra limitação do estudo foi a condição do bota-fora do volume dragado. Para se ter uma melhor solução para o bota fora é necessário um estudo mais específico e aprofundado na hidrodinâmica do trecho do Corixão, como não se enquadra no objetivo deste estudo, pode-se sugerir algumas possíveis soluções, como o despejo do material dentro do rio em locais com maiores profundidades. Porém não seria uma opção muito viável, pois para despejar  $342.963,66\text{m}^3$  de areia levando em consideração uma barcaça semelhante a utilizada no Rio Paraguai de 2500 toneladas e com o peso específico da areia úmida de  $1700\text{ kg/m}^3$ , chegou-se a um resultado de 39 comboios. Uma outra opção seria a supressão de vegetação mas para isso deve ser analisado a autorização desse procedimento através de órgãos ambientais competentes.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS: Planejamento Portuário**. 2017. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/noticias/5523-planejamento-portuario-aspectos-nauticos-procedimento> . Acesso em: 5 Ago. 2019.

AEDB. **ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOM BOSCO: A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade**. 2015. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/802267.pdf>. Acesso em: 24 Abr. 2019.

AHIPAR. Administração da Hidrovia do Paraguai. Sobre dragagem. 2016. Disponível em: [http://www.dnit.gov.br/acesso-a-informacao/insitucional/copy\\_of\\_quem-e-quem/administracoes-hidroviarias/ahipar-administracao-da-hidrovia-do-paraguai](http://www.dnit.gov.br/acesso-a-informacao/insitucional/copy_of_quem-e-quem/administracoes-hidroviarias/ahipar-administracao-da-hidrovia-do-paraguai). Acesso em: 20 de Nov. de 2019.

ANTAQ. **AGENCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS: Estudo Hidrovia Paraguai-Paraná**. 2018a. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/index.php/2018/09/18/antaq-lanca-estudo-sobre-hidrovia-paraguai-parana/>. Acesso em: 23 Jul. 2019.

ANTAQ. **AGENCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIARIOS**. 2012. Disponível em: Transporte de Minério de Ferro na Hidrovia Paraguai-Paraná. Acesso em: 30 Jul. 2019.

ANTAQ. **AGENCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIARIOS: Frota. Navegação Interior**. 2018b. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Portal/Frota/ExibirEmpresa.aspx?TPInscricao=1&NRInscricao=47067525000108&tipoNav=interior>. Acesso em: 13 Ago. 2019.

ANTAQ. **AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIARIOS: Movimentação Portuária**. 2019a. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/index.php/2019/02/12/movimentacao-portuaria-cresce-27-em-2018/>. Acesso em: 24 Abr. 2019.

ANTAQ. **AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS: Plano Nacional de Integração Hidroviária**. 2019b. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Portal/PNIH.asp>. Acesso em: 23 Jul. 2019.

ANTAQ. **AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS: Resolução 2969**. 2013. Disponível em: [http://web.antaq.gov.br/Portal/pdf/Classificacao\\_PortosPublicos\\_TUPs\\_EstacoesTransbordoCargas.pdf](http://web.antaq.gov.br/Portal/pdf/Classificacao_PortosPublicos_TUPs_EstacoesTransbordoCargas.pdf). Acesso em: 24 Abr. 2019.

ANTAQ. **AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS: Utilização das Hidrovias**. 2009. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Portal/pdf/Palestras/ForumHidrovias2009/Painel3/HumbertoFreitasApresentacaoHidrovias.pdf>. Acesso em: 5 Ago. 2019.

ANTAQ. **AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS: Vias Navegáveis, cabotagem interior. Sistema Hidroviário Brasileiro**. 2008. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2016/12/Vias-Navegaveis-Cabotagem-Interior-Luiz-Eduardo-Garcia.pdf>. Acesso em: 24 Abr. 2019.

BUDDE, MARGARET. **Exploring the Economics of Using Barges on the Mississippi River to Transport Agricultural Commodities**. 2016. Disponível em: [https://naitconference.usu.edu/archive/2016/Uploads/pdfs/14601\\_2188MargaretBude.pdf](https://naitconference.usu.edu/archive/2016/Uploads/pdfs/14601_2188MargaretBude.pdf). Acesso em: 5 Ago. 2019.

CNT. **CONFEDERACAO NACIONAL DE TRANSPORTE: Publicação de Boletim Estatístico de Dezembro/2018**. 2018. Disponível em: Acesso em: 24 Abr. 2019.

DNIT. **DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES: Hidrovia do Paraguai**. 2018. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/modais-2/aquaviario/hidrovia-do-paraguai>. Acesso em: 23 Jul. 2019.

DNIT. **DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES: Hidrovia do Paraguai**. 2016. Disponível em: [http://www.dnit.gov.br/hidrovias/hidrovias-interiores/copy\\_of\\_Hidrovia%20Parana%20Paraguai](http://www.dnit.gov.br/hidrovias/hidrovias-interiores/copy_of_Hidrovia%20Parana%20Paraguai). Acesso em: 23 Jul. 2019.

EVTEA, Volume 3A. **ESTUDO DE VIABILIDADE TECNICA, ECONOMICA E AMBIENTAL. Estudos Hidráulicos, Hidrodinâmicos de balizamento e sinalização**. 2017. Disponível em: <https://itti.org.br/relatorios-tecnicos/>. Acesso em: 31 Out. 2019.

GLOBAL SECURITY. **Barge History**. 2018. Disponível em: <https://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/barge-hist.htm>. Acesso em: 30 Jul. 2019.

GOES FILHO. **Tecnologia para dragagem**. 1979. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/164567/001027318.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 de Nov. de 2019.

IHC BEAVER. Equipamento de dragagem. 2014. Disponível em: <https://www.royalihc.com/en/products/dredging/cutter-dredging/ihc-beaver-cutter-suction-dredger> Acesso em: 31 Out. 2019

INPE. **INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**. Modelagem digital de Terreno. 2017. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/mnt/mnt.htm>. Acesso em: 20 de Nov. de 2019.

ITTI, Produto 1B. **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TRANSPORTES E INFRAESTRUTURA. Análise de custos de transporte, levantamento das empresas de navegação e estaleiros**. 2017. Disponível em: <https://itti.org.br/relatorios-tecnicos/>. Acesso em: 31 Out. 2019.

MARCON. **Embarcações e barcas para venda ou fretamento em todo o mundo**. 2012. Disponível em: <http://stoppingclimatechange.com/Barges%20-%20Ocean%20Going%20Workhorse.pdf>. Acesso em 20 de nov. de 2019.

MEIOS DE TRANSPORTE. **Transporte Aquático**. 2018. Disponível em: <http://meios-de-transporte.info/transporte-aquatico.html>. Acesso em: 24 Abr. 2019.

MINISTERIO DA INFRAESTRUTURA. **Transporte Aquaviario**. 2017. Disponível em: <http://infraestrutura.gov.br/component/content/article/52-sistema-de-transportes/1432-transporte-aquaviario.html>. Acesso em: 24 Abr. 2019.

PIANC. **Approach Channels – A Guide for Design**. 2014a. Disponível em: <http://www.impahq.org/admin/resources/pianc-wg49presentation-jan-20143.pdf>. Acesso em: 30 Jul. 2019.

PIANC. **PERMANENT INTEERNATIONAL ASSOCIATION OF NAVIGATION CONGRESSES**. 2014b. Disponível em: [http://bailey.persona-pi.com/Public-Inquiries/M4-Newport/Third%20Parties/M4%20-%20Proofs/ABP/ABP12\\_P%20-%20PIANC%20Harbour%20Approach%20Design%20Guidelines%20%282014%29.PDF](http://bailey.persona-pi.com/Public-Inquiries/M4-Newport/Third%20Parties/M4%20-%20Proofs/ABP/ABP12_P%20-%20PIANC%20Harbour%20Approach%20Design%20Guidelines%20%282014%29.PDF). Acesso em: 30 Jul. 2019.

PNLI. **PLANO NACIONAL DE LOGISTICA INTEGRADA PLANO NACIONAL DE LOGISTICA INTEGRADA. Planejamento Estratégico**. 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/infraestrutura-e-logistica/anos-anteriores/plano-nacional-de-logistica-integrada-pnli-51.pdf>. Acesso em: 24 Abr. 2019.

PORTOPEDIA. **Tipos de Dragas**. 2016. Disponível em: <https://portogente.com.br/portopedia/73049-tipos-de-dragas>. Acesso em: 30 Jul. 2019.

ROSEMBERG, BIRDZELL JR. **A História da Riqueza do Ocidente: A transformação econômica do mundo industrial**. 1986.

SIMAO JUNIOR, EVALDIR. **Dragagem e Navegação**. 2011. Disponível em: <http://dragagensul.blogspot.com.br/2011/06/tipos-de-dragagem.html>. Acesso em: 30 Jul. 2019.

UFPR. **UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA: Topografia. Calculo de Volumes**. 2007. Disponível em: <http://www.cartografica.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2012/11/Volume2006a.pdf>. Acesso em: 30 Jul. 2019.

## ANEXO I - TRANSPORTE FLUVIAL BRASILEIRO

- HIDROVIA PARAGUAI-PARANÁ

Dentre os cinco tipos de modais de transporte existente no Brasil, sendo eles: rodoviário, ferroviário, duto viário, aéreo e aquaviário (hidroviário e cabotagem), o último entra como o terceiro modal mais utilizado, com apenas 13,6% de participação, contra 61,1% do Rodoviário e 20,7% do Ferroviário (CNT, 2018). Ao fazer uma análise junto com as principais grandes potências do mundo, China e Estados Unidos, é notável a diferença desses modais. No transporte aquaviário, ferroviário e rodoviário, os americanos ganham como um país mais equilibrado, com uma porcentagem de 25%, 43% e 32% respectivamente. Já os Chineses os números estão na faixa de 13%, 37% e 50% seguindo o mesmo caminho (AEDB, 2015).

A Hidrovia Paraguai-Paraná é composta por 110 portos e terminais hidroviários, sendo os principais Cáceres I e II, Aguirre, Corumbá, Gravetal, Sobramil, Ladário, Gregório Curvo, Murtinho, e Porto Cimento Itaú Portland S/A. (DNIT, 2016). Em 2018 a ANTAQ lançou um estudo onde o volume transportado (mercado externo e interno) chega a 184 milhões de toneladas movimentadas na HPP, o Brasil destacou-se em segundo lugar com mais de 56 milhões de toneladas perdendo apenas para Argentina com 92 milhões de toneladas (ANTAQ, 2018).

- PLANOS GOVERNAMENTAIS

Visando a importância de investir nesse meio de transporte, o Governo precisa estudar alternativas de estratégias adequadas para nortear os investimentos futuros. Foram elaborados então, programas como o Plano Nacional de Logística Integrada (PNLI), Plano Hidroviário Estratégico (PHE) e Plano Nacional de Integração Hidroviária (PNIH). O primeiro nos mostra diferentes opções dessas alternativas até o ano de 2035, ele tem o objetivo de identificar um melhoramento nas formas de distribuição de cargas dentro dos modais utilizados. O programa é um planejamento estratégico feito à base de conhecimentos detalhados com o apoio do Ministério de Transporte e outros órgãos. Na malha hidroviária uma das opções seria considerar longos trechos como navegação permanente.

Já o Plano Hidroviário Estratégico (PHE), iniciado pelo Ministério de Transporte tem o objetivo de desenvolver uma administração eficiente, aumentar o uso do modal hidroviário, e estudar estratégias para a melhoria da navegação em rios, aumentando a carga transportada pelo transporte hidroviário interior até o ano de 2031 (MINISTERIO DE TRANSPORTES, 2013).

O último plano citado conhecido como PNIH foi concebido pela ANTAQ com o objetivo de estudar detalhadamente as Hidrovias Brasileiras para verificar áreas propícias para instalações portuárias, mostrando interesse no aumento da participação de transporte hidroviário (ANTAQ, 2019b).

Há outros diversos planos setoriais existentes, todos com o intuito de mostrar soluções no desempenho do transporte, mostrando que o Brasil precisa de mudanças.

- COMPARATIVO DE CUSTOS EVTEA

A Universidade Federal do Paraná desenvolveu um trabalho sobre análises de custos de transporte na Hidrovia Rio-Paraguai, fazendo uma comparação com os 5 países ligados no Rio Paraguai, sobre os três tipos de modais utilizados, por meio do Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura.

Os tipos de Movimentação de cargas foram divididos em graneis sólidos agrícolas, graneis sólidos não agrícolas, graneis líquidos e carga geral. No estudo, as frotas e a distância utilizadas por parte da hidrovia respectivamente foram: 1321 km de até 12 barcas (1,1 mil t por barca), 4838 km com composições de 16 barcas totalizando 24 mil toneladas, 4684 km utilizando 6 barcas em torno de 13 mil toneladas de líquidos e por último foi considerado 6 barcas de 48 contêineres cada um com 16 toneladas, totalizando então 4608 toneladas de Carga Geral. Ao final da comparação junto com a ferrovia e a rodovia, foi apresentado para o último um valor muito mais alto, não importando a distância percorrida. Exemplo: Para uma distância de 1000 km com uma carga geral de 50000 t movimentada, o custo para o modal rodoviário, ferroviário e hidroviário, são respectivamente R\$28.247.407,24, R\$9.094.805,55 e R\$11.081.682,30 (ITTI, Produto 1B, 2017).

Realizou-se então um comparativo de custos de transporte por modal, por país e por carga, sendo o transporte rodoviário com mais gastos representado como 100% do custo.



QUADRO 13 – COMPARATIVO DE CUSTOS DE TRANSPORTE

		Argentina	Bolívia	Brasil	Paraguai	Uruguai
	Rodoviário	100%	100%	100%	100%	100%
GRANEL SÓLIDO	Ferrovário	38%	46%	48%	45%	38%
	Hidroviário	13%	19%	18%	18%	13%
	Rodoviário	100%	100%	100%	100%	100%
GRANEL SÓLIDO AGRÍCOLA	Ferrovário	38%	46%	48%	45%	38%
	Hidroviário	18%	26%	25%	24%	18%
	Rodoviário	100%	100%	100%	100%	100%
GRANÉIS LÍQUIDOS	Ferrovário	39%	48%	52%	45%	36%
	Hidroviário	26%	37%	37%	33%	24%
	Rodoviário	100%	100%	100%	100%	100%
CARGA GERAL	Ferrovário	23%	35%	32%	34%	27%
	Hidroviário	26%	45%	39%	42%	31%

FONTE: Dados do EVTEA (2017).

## ANEXO II – TABELAS DE DIMENSIONAMENTO DE CANAL

QUADRO 14 – FAIXA DE MANOBRABILIDADE (Wbm)

LARGURA ADICIONAL: MANOBRABILIDADE		
MANOBRABILIDADE	COEFICIENTE DE MANOBRABILIDADE	LARGURA ADICIONAL
EXCELENTE	1,3	1,3B
BOA	1,5	1,5B
RUIM	1,8	1,8B

FONTE: PIANC (2014).

QUADRO 15– VELOCIDADE MÉDIA DAS EMBARCAÇÕES (Vm)

LARGURA ADICIONAL - VELOCIDADE MÉDIA DA EMBARCAÇÃO	
VELOCIDADE MÉDIA DA EMBARCAÇÃO (NÓS)	LARGURA ADICIONAL
ALTA > 12	0,1B
MODERADA > 8- 12	0,0B
BAIXA 5-8	0,0B

FONTE: PIANC (2014).

QUADRO 16 – AÇÃO DOS VENTOS (w)

LARGURA ADICIONAL - VENTOS			
INTENSIDADE DO VENTO	VELOCIDADE DA EMBARCAÇÃO		
	ALTA	MODERADA	BAIXA
BAIXA (< 15 NÓS)	0,5B	0,3B	0,0B
MODERADA (15-33 NÓS)	0,7B	0,4B	0,0B
ALTA (> 33 NÓS)	1,1B	0,6B	0,0B

FONTE: PIANC (2014).

QUADRO 17 – CORRENTES TRANSVERSAIS (Ft)

LARGURA ADICIONAL - CORRENTES TRANSVERSAIS			
INTENSIDADE DAS CORRENTES	VELOCIDADE DA EMBARCAÇÃO		
	ALTA	MODERADA	BAIXA
DESPREZIVEL (< 0,2 NÓS)	0,0B	0,0B	0,0B
BAIXA (0,2 - 0,5 NÓS)	0,1B	0,2B	0,3B
MODERADA (0,5 - 1,5 NÓS)	0,4B	0,6B	0,8B
ALTA (> 1,5 NÓS)	1,0B	1,2B	1,6B

FONTE: PIANC (2014).

QUADRO 18 – CORRENTES LONGITUDINAIS (Fi)

LARGURA ADICIONAL - CORRENTES LONGITUDINAIS			
INTENSIDADE DAS CORRENTES	VELOCIDADE DA EMBARCAÇÃO		
	ALTA	MODERADA	BAIXA
BAIXA ( $\leq 1,5$ NÓS)	0,0B	0,0B	0,0B
MODERADA (> 1,5-3,0 NÓS)	0,0B	0,1B	0,2B
ALTA (> 3,0 NÓS)	0,1B	0,2B	0,4B

FONTE: PIANC (2014).

QUADRO 19 – ALTURA DE ONDA (Hs)

LARGURA ADICIONAL: ALTURA DE ONDA	
ALTURA DE ONDA (Hs)	LARGURA ADICIONAL
$H_s \leq 1\text{m}$	0,0B
$1\text{m} \leq H_s \leq 3\text{m}$	0,5B
$H_s \geq 3\text{m}$	1,0B

FONTE: PIANC (2014).

QUADRO 20 – AUXILIO A NAVEGAÇÃO (N)

LARGURA ADICIONAL: AUXILIOS A NAVEGAÇÃO	
AUXILIOS A NAVEGAÇÃO	LARGURA ADICIONAL
EXCELENTE	0,0B
BOA	0,2B
MODERADA	0,4B

FONTE: PIANC (2014).

QUADRO 21 – SUPERFÍCIE DE FUNDO (S)

LARGURA ADICIONAL - SUPERFÍCIE DO FUNDO	
SUPERFÍCIE DO FUNDO	LARGURA ADICIONAL
$D/d > 1,5$	0,0B
$D/d < 1,5$ Liso/Macio	0,1B
$D/d < 1,5$ Duro	0,2B

FONTE: PIANC (2014).

QUADRO 22 – PROFUNDIDADE / CALADO (D/d)

LARGURA ADICIONAL: PROFUNDIDADE/CALADO	
PROFUNDIDADE/CALADO (D/d)	LARGURA ADICIONAL
$D/d > 1,5$	0,0B
$1,15 \leq D/d \leq 1,5$	0,2B
$D/d < 1,15$	0,4B

FONTE: PIANC (2014).

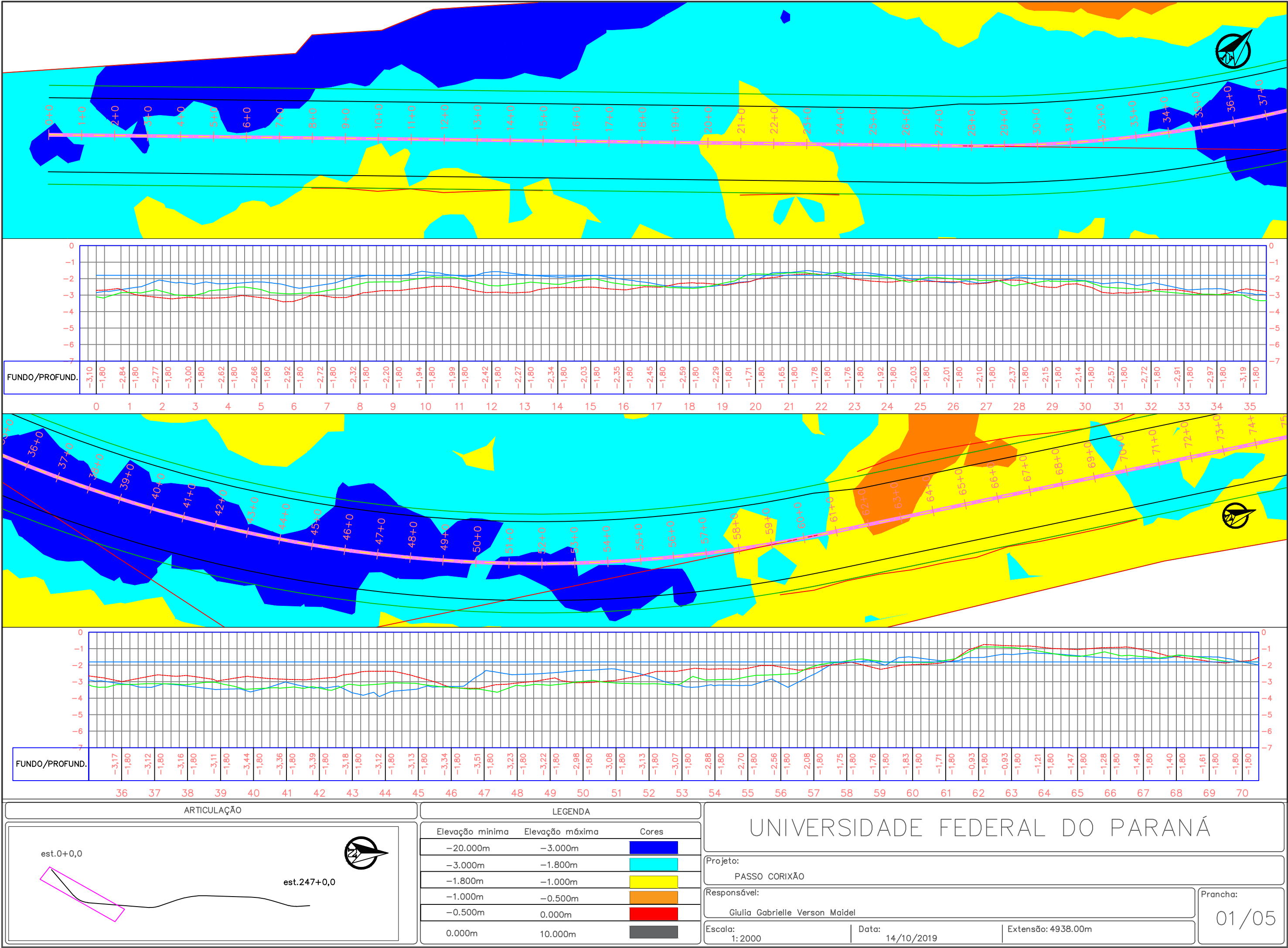
QUADRO 23 – TALUDES LATERAIS (WBG=WBR)

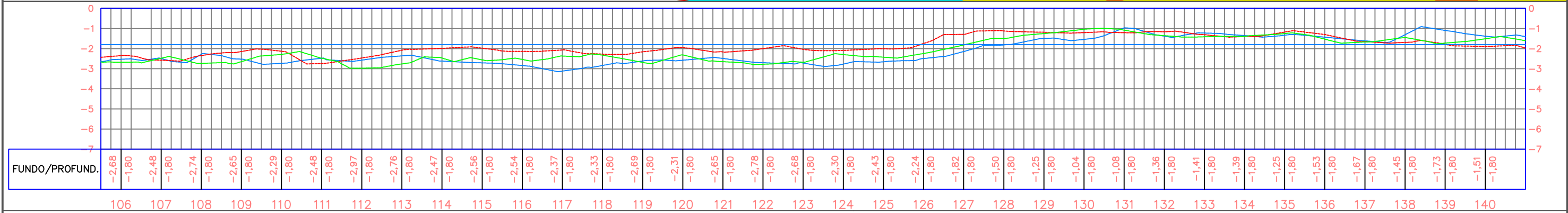
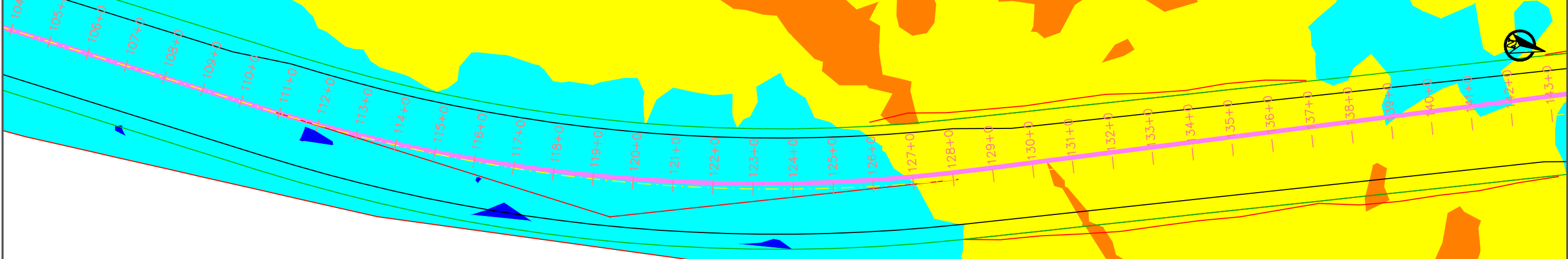
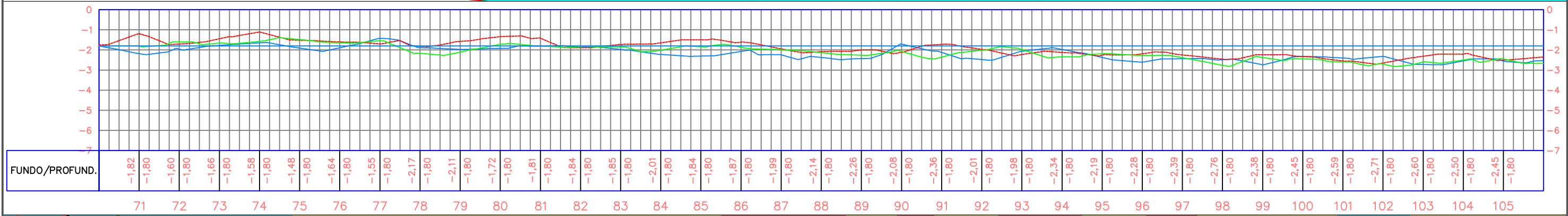
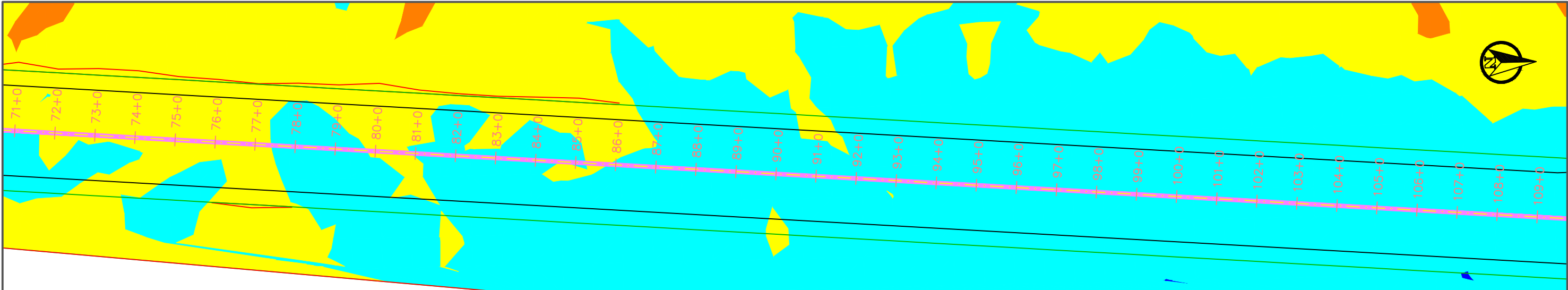
LARGURA ADICIONAL: TALUDES LATERAIS			
DESCRIÇÃO DO CANAL	VELOCIDADE DA EMBARCAÇÃO		
	ALTA	MODERADA	BAIXA
SUAVE INCLINAÇÃO DO CANAL SUBMARINO	0,2B	0,1B	0,0B
BORDAS DO CANAL INCLINADAS	0,7B	0,5B	0,3B
ATERROS ÍNGREMES E DUROS	1,3B	1,0B	0,5B

FONTE: PIANC (2014).

## ANEXO III – PLANTAS EM FOLHA A3 DO PASSO CORIXÃO

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION





ARTICULAÇÃO

LEGENDA

Elevação mínima	Elevação máxima	Cores
-20.000m	-3.000m	Blue
-3.000m	-1.800m	Cyan
-1.800m	-1.000m	Yellow
-1.000m	-0.500m	Orange
-0.500m	0.000m	Red
0.000m	10.000m	Grey

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Projeto: PASSO CORIXÃO

Responsável: Giulia Gabrielle Verson Maidel

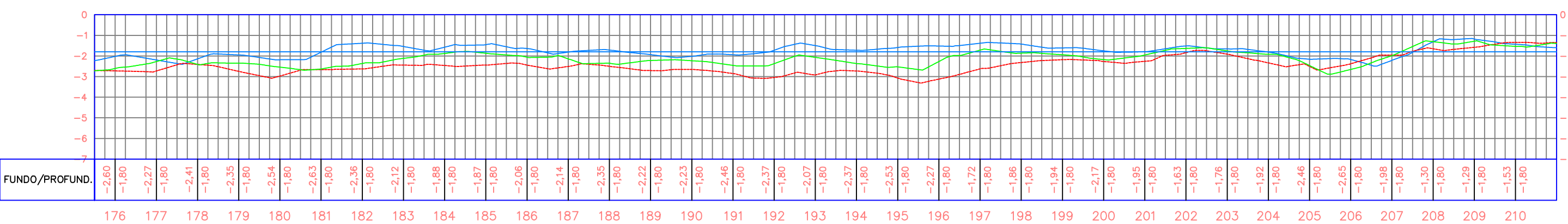
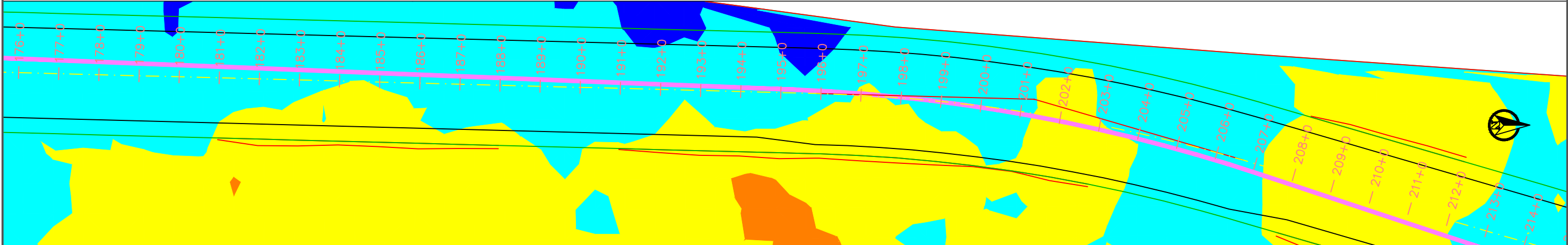
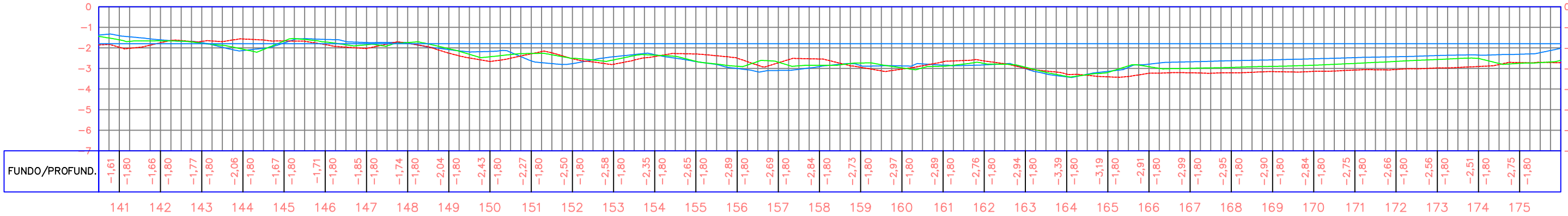
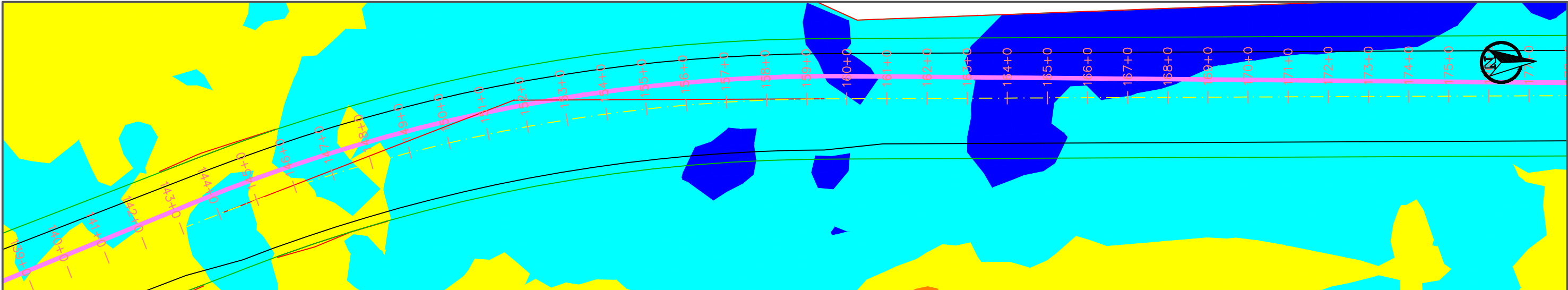
Escala: 1:2000

Data: 14/10/2019

Extensão: 4938.00m

Prancha: 02/05

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



ARTICULAÇÃO

est.0+0,0

est.247+0,0

LEGENDA

Elevação mínima	Elevação máxima	Cores
-20.000m	-3.000m	Blue
-3.000m	-1.800m	Yellow
-1.800m	-1.000m	Orange
-1.000m	-0.500m	Red
-0.500m	0.000m	Dark Red
0.000m	10.000m	Grey

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Projeto: PASSO CORIXÃO

Responsável: Giulia Gabrielle Verson Maidel

Escala: 1:2000

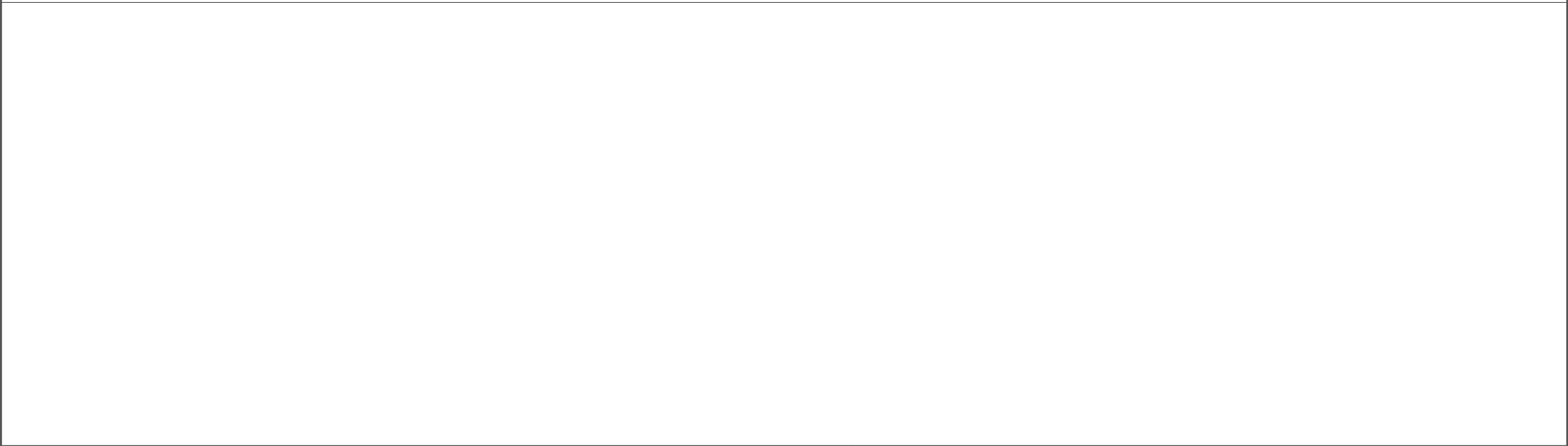
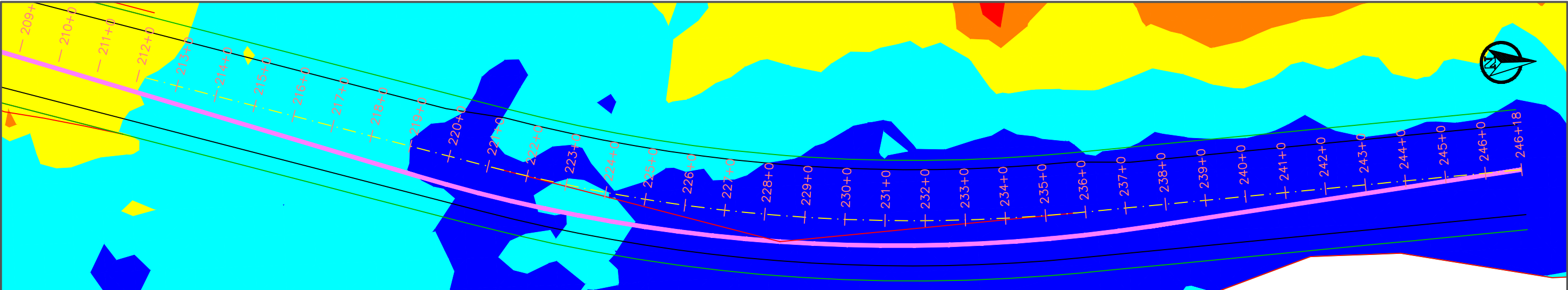
Data: 14/10/2019

Extensão: 4938.00m

Prancha: 03/05

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION





ARTICULAÇÃO

est.0+0,0

est.247+0,0

LEGENDA

Elevação mínima	Elevação máxima	Cores
-20.000m	-3.000m	Blue
-3.000m	-1.800m	Cyan
-1.800m	-1.000m	Yellow
-1.000m	-0.500m	Orange
-0.500m	0.000m	Red
0.000m	10.000m	Grey

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Projeto:  
PASSO CORIXÃO

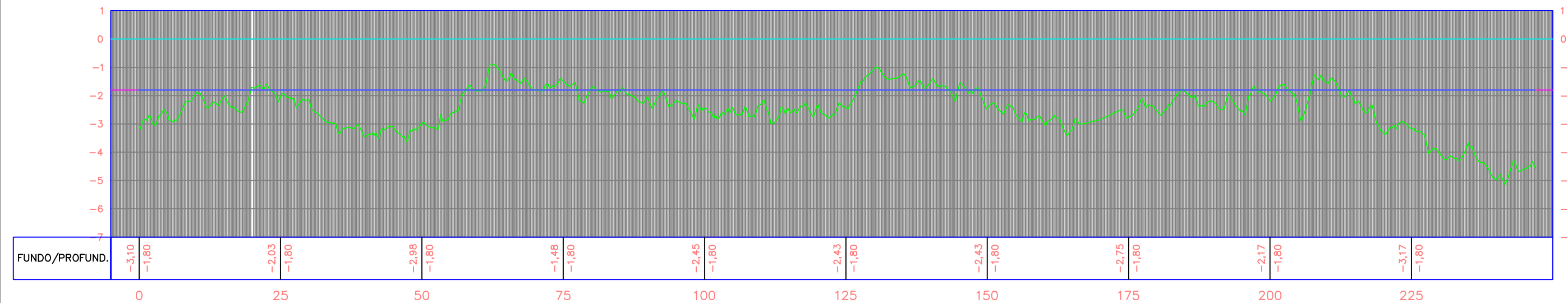
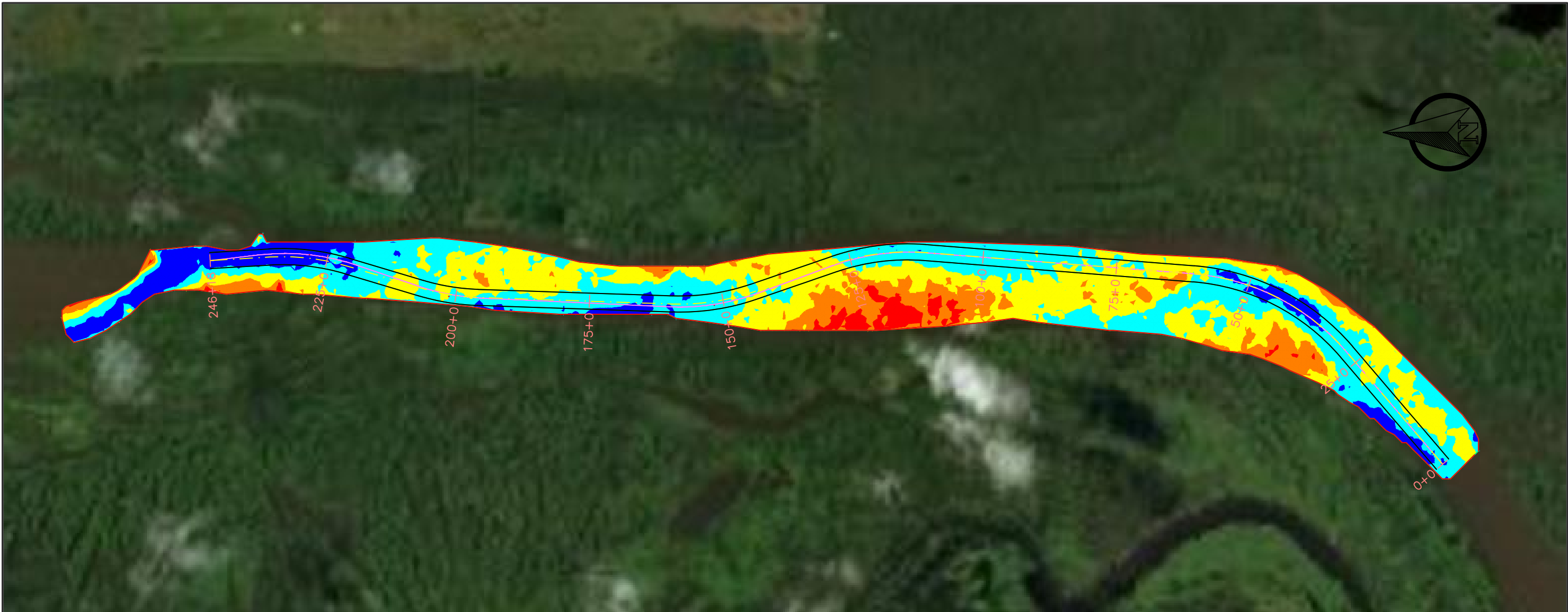
Responsável:  
Giulia Gabrielle Verson Maidel

Escala:  
1: 2000

Data:  
14/10/2019

Extensão: 4938.00m

Prancha:  
04/05



ARTICULAÇÃO

LEGENDA

Elevação mínima	Elevação máxima	Cores
-20.000m	-3.000m	Blue
-3.000m	-1.800m	Cyan
-1.800m	-1.000m	Yellow
-1.000m	-0.500m	Orange
-0.500m	0.000m	Red
0.000m	10.000m	Grey

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Projeto:  
PASSO CORIXÃO

Responsável:  
Giulia Gabrielle Verson Maidel

Escala:  
H= 1:15.000 V=1:150

Data:  
14/10/2019

Extensão: 4938,00m

Prancha:  
05/05